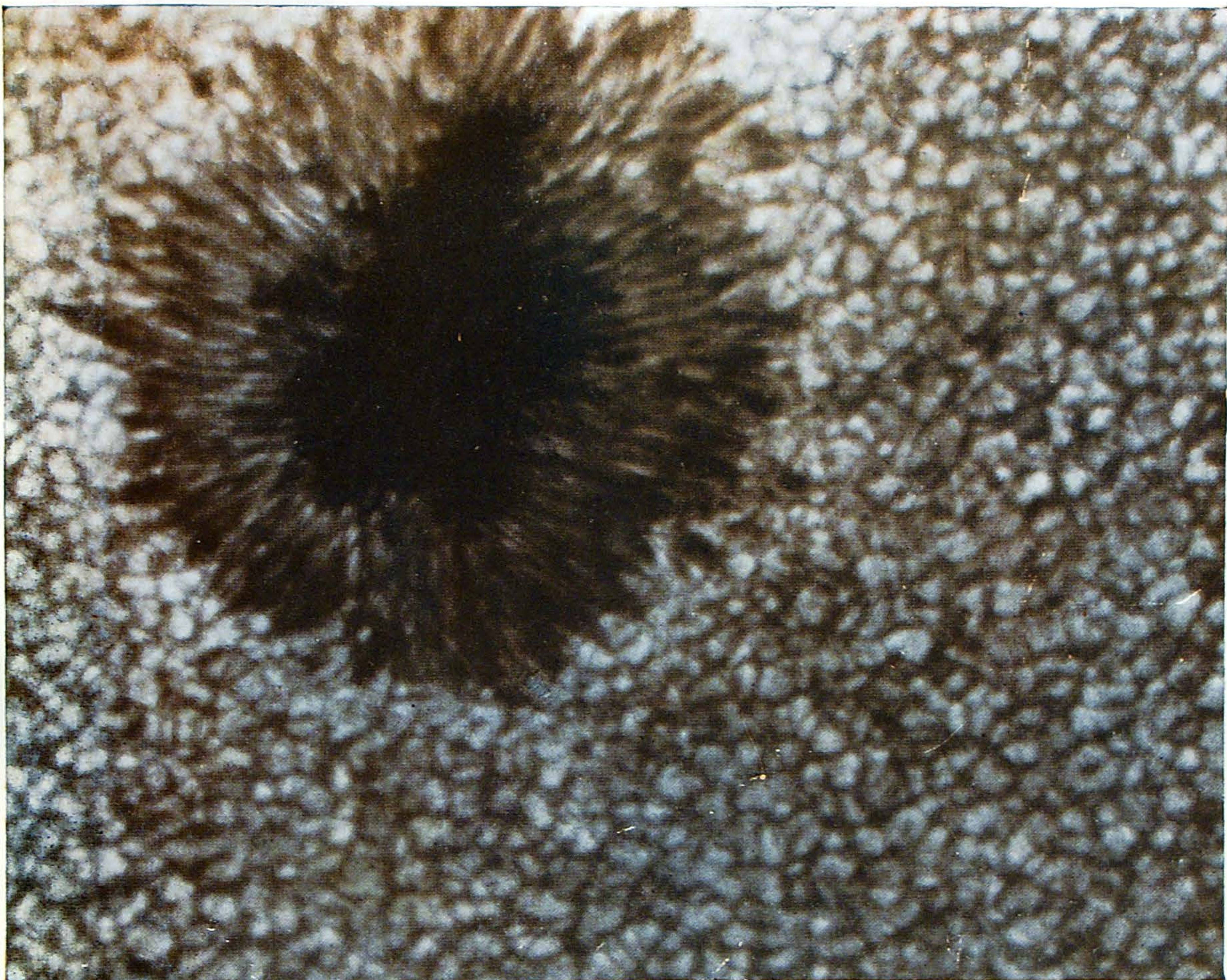




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

5

1971

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА





2 августа 1971 г. Москва. Кремлевский дворец съездов. Торжественное открытие XV Генеральной ассамблеи Международного геодезического и геофизического Союза.

Выступает президент Союза профессор Ж. Кулон (Франция). Он выразил Академии наук СССР признательность за сердечный прием, оказанный в Москве геофизикам всего мира. Президент МГГС подчеркнул международный характер целей, стоящих перед исследователями нашей планеты, и отметил, что теперь особенно остро встают проблемы изучения окружающей нас среды. Основные достижения Союза связаны с международными проектами, среди которых можно назвать Всемирную магнитную съемку и успешно завершающийся сейчас проект Верхней мантии, возглавляемый членом-корреспондентом АН СССР В. В. Белоусовым.

Заместитель председателя Совета Министров СССР, председатель Госкомитета по науке и технике академик В. А. Кириллин огласил приветствие Советского правительства, в котором указывается, что для человечества жизненно необходимо изучать взаимные связи процессов, происходящих в недрах и на поверхности Земли. XXIV съезд КПСС, как известно, подчеркнул важность сосредоточения усилий на более существенных проблемах

За столом президиума слева направо: член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже, начальник Главного управления геодезии и картографии СССР И. А. Кутузов, академик А. В. Сидоренко, заместитель председателя Совета Министров СССР, председатель Госкомитета по науке и технике академик В. А. Кириллин, член бюро МГГС Э. Андерсен (Дания), президент МГГС профессор Ж. Кулон, вице-президент Академии наук СССР академик А. П. Виноградов, генеральный секретарь МГГС Дж. Гарланд (Канада), член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов, начальник Гидрометслужбы СССР академик Е. К. Федоров

мах современной науки и на необходимости тесной связи науки и практики.

Затем с приветственными речами выступили: заместитель председателя Моссовета В. И. Исаев, вице-президент Академии наук СССР академик А. П. Виноградов, начальник Гидрометслужбы СССР академик Е. К. Федоров, член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов и начальник Главного управления геодезии и картографии СССР И. А. Кутузов.

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



СЕНТЯБРЬ — ОКТЯБРЬ

5 1971

Издательство «Наука»
Москва

В номере

Ю. В. Ризниченко — Максимальные возможные землетрясения	2
С. Б. Пикельнер — Протуберанцы	13
В. А. Крат — Солнце из стратосферы	20
И. К. Коваль — Планета Марс	26
В. Л. Масайтис — По следам космической катастрофы	31
А. Д. Заморский, Т. Ф. Батяева, Л. С. Минина — Бури и метеорологические спутники	37
Л. М. Гиндилис — Межзвездные перелеты	42

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Н. П. Егоренко — Юбилейный пленум океанологов	49
И. И. Шунейко — Первые Гагаринские чтения	52

В. А. Бронштэн — Происхождение астероидов	53
---	----

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

Б. М. Цирков — Первая всемирная космическая выставка в Москве	60
---	----

ФАНТАСТИКА

У. Сэндерс — Договор	67
--------------------------------	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Любительская обсерватория за полярным кругом	73
Б. Г. Пшеничнер — II Всесоюзная конференция юных любителей астрономии	74

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Прогноз землетрясений для Калифорнии [10]; Происходит сильное землетрясение [11]; Дно Карибского моря... против гипотез [12]; Десять рабочих дней «Лунохода-1» [24]; Полет «Аполлона-15» [25]; Какой была плотность атмосферы Марса [30]; Новое о природе Мохо [36]; Совещаются преподаватели астрономии Чехословакии [36]; «Луна-18» [48]; Восьмиклассники знакомятся с элементами космонавтики и астрономии [65]; Страничка наблюдателя переменных звезд [78]; Хроника землетрясений [79].

На обложке: 1-я стр.— Вверху: солнечное пятно и грануляция. Внизу: ядро большого солнечного пятна. Видны яркие звездообразные объекты. Снимки сделаны с борта советской стратосферной обсерватории (к статье В. А. Крата).

Ю. В. РИЗНИЧЕНКО
член-корреспондент АН СССР

Максимальные возможные землетрясения

Что такое «прогноз землетрясения»? Чем оценивается сейсмическая опасность? В чем заключаются задачи сейсмического районирования? Можно построить дом так прочно (хотя и дорого), чтобы он не разрушился при максимальном возможном землетрясении. Тогда он не разрушится и при всех меньших. Но рационально ли делать это, если такое землетрясение крайне маловероятно? Вряд ли.

И все же мы хотим знать, какое максимальное землетрясение возможно в любом данном месте на Земле.

Большие землетрясения... Сейсмическая опасность... Прогноз землетрясений... Сейсмическое районирование... Обо всем этом в последнее время много говорят, пишут, сообщают по радио, показывают в кино. Может создаться впечатление, будто прогноз землетрясений — тот волшебный ключик, который откроет секрет, как избежать сейсмической опасности. Может показаться, что в разработке именно проблемы прогноза и заключается главная научная и народнохозяйственная задача современной сейсмологии.

Так ли это? Для того чтобы ответить на этот вопрос, надо в первую очередь уточнить, что такое прогноз землетрясений и чем определяется сейсмическая опасность.

Попытаемся сделать это, прежде чем перейти к описанию собственно проблемы максимальных возможных землетрясений. Тем самым мы уточним ее отношение к вопросу сейсмической опасности и к ряду других больших проблем сейсмологии, к которым относится и сейсмораионирование.

Собственно, под прогнозом землетрясений в сейсмологии принято понимать предсказание времени, места и величины отдельных больших землетрясений. Прогноз землетрясений в сейсмологии — естественный аналог общеизвестного метеорологического понятия «прогноз погоды».

Если согласиться с указанным понятием прогноза землетрясений, то вряд ли стоит называть «прогнозом», например, расчет возможного в каком-то определенном месте земной поверхности максимального землетрясения без указания времени, когда оно должно здесь произойти. Такой расчет дал бы лишь климатическую характеристику сейсмического режима в данном месте, что обычно делается в допущении постоянства его средних параметров во времени. Это допущение оправдывается тем, что геологические тектонические процессы, с которыми связаны землетрясения, мало меняют свой ход за промежутки времени, представляющие практический интерес для человечества.

Иногда геофизики говорят о «прогнозировании» элементов сейсмического климата, вместо их «определения», для тех мест на Земле, где эти элементы до сих пор не были хорошо известны. Совершенно также говорят о «прогнозе» месторождений полезных ископаемых на мало обследованных территориях. Не будем критиковать геологическую терминологию. В сейсмологии же такое расширенное употребление слова «прогноз» представляется не-

Популярное изложение доклада, прочитанного весной 1970 г. в Ордена Ленина Институте физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР.



Ю. В. РИЗНИЧЕНКО — известный советский сейсмолог, специалист по теории сейсмических наблюдений и методов интерпретации — последнее время особенно много работает в области статистической физики землетрясений, количественного изучения сейсмичности и оценки сейсмической опасности. Уделяя много внимания научной, научно-организационной и педагогической деятельности, участвуя в работе международных съездов, конференций и симпозиумов, являясь экспертом ЮНЕСКО по сейсмологии, Юрий Владимирович находит время и для популяризации науки. Он автор ряда статей, опубликованных в нашем журнале.

Читатели и редакционная коллегия «Земли и Вселенной» сердечно поздравляют Юрия Владимировича в день его шестидесятилетия, желают доброго здоровья и новых больших успехов.

оправданным. Другое дело, если бы речь шла о предсказании возможных изменений сейсмического климата во времени в связи с изменением хода тектонического процесса, подобно тому как можно предсказывать изменение метеорологического климата в связи с прогрессирующим загрязнением воздуха, с лесонасаждениями или с обводнением местности. Иногда такие проблемы возникают и в сейсмологии: возможность общего повышения сейсмичности при ядерных взрывах, интенсивных горных разработках или при увеличении нагрузки на отдельные участки земной поверхности при заполнении крупных водохранилищ. Такие факты известны. Но это лишь второстепенные явления. В основном же естественный сейсмический климат на Земле в наше время остается приблизительно неизменным, и в констатации этого обычно и заключается наш «прогноз» сейсмического климата на обозримое будущее. Определять климатические элементы сейсмичности в зависимости от точки пространства, места на Земле, в допущении постоянства их во времени — вот задача районирования долговременной средней сейсмической опасности, или, кратко, сейсморайонирования.

КАК ОЦЕНИТЬ СЕЙСМИЧЕСКУЮ ОПАСНОСТЬ?

Максимальное возможное землетрясение и сейсмическая опасность... Не синонимы ли эти понятия, по крайней мере, практически?

Некоторым казалось, а иным и продолжает казаться, что так оно и есть на самом деле. Действительно, если построить дом настолько прочно, чтобы он не развалился при максимальном возможном в данном месте землетрясении, то он не развалится и при всех других, более слабых. Но рационально ли так строить, если вероятность максимального возможного землетрясения весьма мала? Например такая, как вероятность падения, скажем, за 1 млн лет, в данное место земной поверхности метеорита, подобного Тунгусскому или Аризонскому? Вряд ли.

Принятая в настоящее время в СССР система сейсмического районирования основана на понятии «максимального балла возможного землетрясения», а вероятность возникновения такого события не учитывается. По этой причине вопрос о рациональности тех или иных мероприятий по сейсмостойкому строительству остается открытым. А поскольку со стоимостью строительства все же приходится считаться, то стихийно возникает тенденция к преуменьшению расчетного «максимального балла», пока не грянет землетрясение, а как грянет — к преувеличению. Конечно, все это нехорошо.

Обсуждалась возможность другой основы для сейсморайонирования. Можно установить общую тенденцию зависимости средней частоты повторения сейсмических сотрясений от их интенсивности: сильные сотрясения редки, слабые — часты. Выбрав какую-то достаточно малую вероятность, можно найти величину того землетрясения, или, точнее, интенсивности сотрясения, которая соответствует принятой вероятности возникновения этого события за срок службы сооружения, и эту величину сотрясения принять за расчетную. Вопрос о максимальном возможном землетрясении тогда отпадает. Оно может быть и бесконечно большим, если вероятность его бесконечно мала. Приверженцы такого взгляда иногда апеллируют к известной в математической статистике «теории экстремальных значений» Гумбеля, где формально допускается, что максимальные события могут быть неограниченно велики, если они маловероятны.

В сейсмологии, однако, нет необходимости принимать такое нигилистическое положение относительно максимальных возможных событий. Можно показать, что при известном из наблюдений законе распределения числа землетрясений по их величине допущение о бесконечно большом максимальном возможном землетрясении приводит к физически абсурдному выводу о бесконечно большой плотности потока сейсмической энергии (точнее, плотности

средней мощности) всех очагов землетрясений и потому должно быть отброшено.

Мы предлагаем другое: определять сейсмическую опасность всей совокупностью возможных в данном месте сотрясений различной величины, вплоть до максимальных возможных. Точнее, предлагается характеризовать сейсмологическую сторону сейсмической опасности распределением долговременной средней частоты B во всех сейсмических сотрясениях, возможных в любом данном месте, по интенсивности I сотрясений. Функцию $B = B(I)$ мы называем долговременной средней сейсмической сотрясаемостью. Интенсивность I сотрясений при этом может выражаться как в прежних, теперь уже отживающих, описательных «макросейсмических баллах силы землетрясений», так и в современных физических, инженерных показателях: смещениях, скоростях, ускорениях, энергии сейсмических колебаний, в их «сейсмограммах» и в частотных спектрах. На это и ориентирована наша спектрально-временная сотрясаемость.

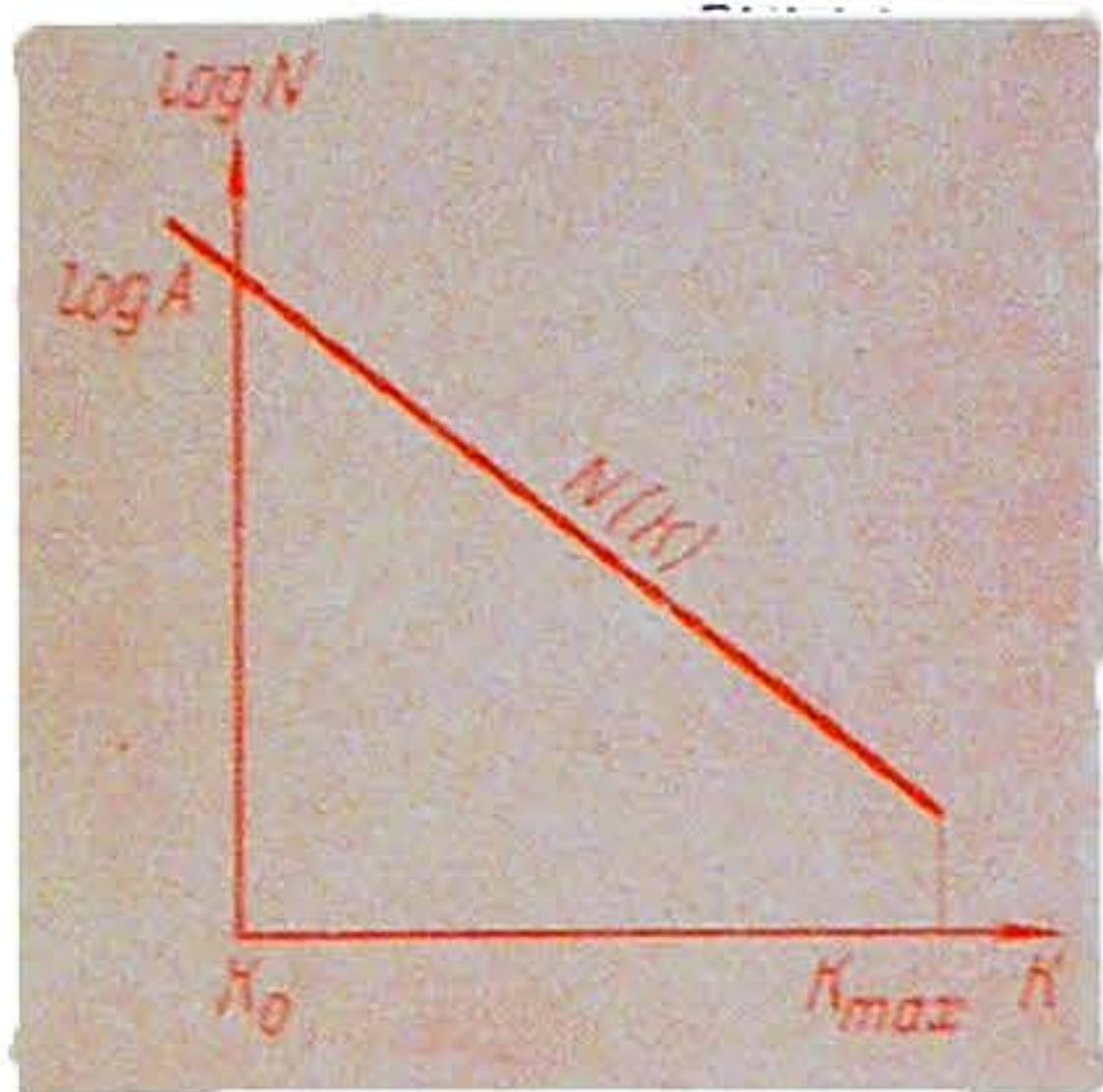
Следует подчеркнуть, что системой оценки сейсмической опасности по сотрясаемости проблема максимального возможного землетрясения не снимается. Максимальные возможные землетрясения должны быть установлены для каждого места земной поверхности, и вместе с тем должна быть указана долговременная средняя частота повторения (и, соответственно, вероятность возникновения) сейсмических событий любой величины, вплоть до максимальной. Таким образом, предлагаемая новая система оценки сейсмической опасности — более полная, чем указанные выше. Она включает показатели, используемые в обеих предыдущих системах, дает возможность синтезировать их, пользуясь современными физическими, инженерными показателями интенсивности сейсмических сотрясений.

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ МАКСИМАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ?

Итак, мы исходим из допущения, что сейсмический климат любого данного места на Земле постоянен.

Следует отдавать себе полный отчет в условности, приближенности этого положения. Конечно, мы не сомневаемся, что на самом деле «все течет, все изменяется», кроме неизменных природных законов самого изменения. Это касается сейсмического климата в такой же неотвратимой мере, как и метеорологического. Но важно оценить, насколько велики — или насколько малы — изменения интересующих нас климатических показателей за практически учитываемое время: порядка столетия, или лучше — тысячелетия. В частности, хотелось бы проконтролировать, можно ли считать практически неизменным за указанное время такой важный климатический показатель сейсмичности, как максимальные землетрясения.

К сожалению, для максимальных возможных землетрясений это положение почти невозможно непосредственно проконтролировать. Большие землетрясения, близкие к максимальным, в масштабе человеческого (а не геологического) времени, — крайне редкие события. Средние периоды их повторяемости в одном и том же месте исчисляются обычно сотнями лет. Мы принимаем допущение о постоянстве показателей сейсмического климата, включая максимальные возможные землетрясения, ориентируясь на другие, легче контролируемые параметры. Главный из них — сейсмическая активность, т. е. средняя частота повторения в данном месте землетрясений различной величины, включая небольшие, которые встречаются чаще. Количественной мерой сейсмической активности A служит обычно среднее число очагов землетрясений, приходящееся на единицу поверхности или объема за единицу времени, величиной $K = \lg E = 10 \pm 0,5$, где $E = 10^k$ — сейсмическая энергия очага в джоулях. И вот, оказывается, что для достаточно больших пространственно-временных областей, включающих большое общее число



Корреляционная зависимость между частотой N возникновения землетрясений и их величиной K была установлена лет пятнадцать тому назад Б. Гутенбергом и позже изучалась многими зарубежными и советскими сейсмологами для разных областей земного шара и отдельных локальных участков. Это одна из главных статистических закономерностей сейсмического процесса. Было обнаружено, что наклон $\gamma = -d \lg N / dK$ «графика повторяемости землетрясений» $N(K)$ варьирует сравнительно мало и близок к постоянному, по крайней мере за длительное время и в пределах не слишком малых областей. В таком случае долговременная средняя сейсмичность может быть приближенно охарактеризована тремя параметрами: сейсмической активностью A — высотой графика по оси N при фиксированном значении $K \neq K_0$, значением наклона γ графика и величиной максимального возможного землетрясения $K_{\max}$, при которой график повторяемости практически прерывается или вдруг сильно изгибается справа книзу. Здесь $K = \lg E$, где E — сейсмическая энергия очага землетрясения в джоулях; N — число землетрясений в диапазоне $K \pm 0,5$ в год на 1000 км^2 .

землетрясений, величина сейсмической активности A обычно сравнительно мало варьирует во времени, хотя сильно изменяется в пространстве. Другой сравнительно легко контролируемый показатель сейсмичности — механизм очагов землетрясений. Из исследований его для совокупности очагов больших землетрясений в различных областях Земли был получен вывод, что тектонические поля напряжений, вызывающих землетрясения, тоже остаются относительно стабильными. Эти и некоторые другие факты и соображения позволяют допускать существование приближенно «вполне определенных», зависящих лишь от пространственных координат, а не от времени, значений максимальных возможных землетрясений.

КАРТИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ $K_{\max}$

Обратимся теперь к проблеме установления пространственного распределения максимальных возможных землетрясений.

Проблема имеет две стороны: теоретическую, познавательную и практическую, относящуюся к сейсморайонированию. Теоретическая важность проблемы определяется тем, что землетрясения потребляют и выделяют определенные доли энергии тектонического процесса, причем максимальные и близкие к максимальным землетрясения выделяют львиную долю всей сейсмической энергии. Поэтому определить полную энергию сейсмического процесса можно, лишь установив величину максимального возможного землетрясения.

О практической стороне проблемы максимальных возможных землетрясений мы уже говорили. Именно на них ориентированы официально принятые у нас сейчас методы сейсморайонирования. Эти методы, несомненно, уже устарели и требуют замены. Но и выходящая им на смену система районирования сейсмической опасности по сейсмической сотрясаемости, как мы видели, тоже предполагает необходимость установления величины $K_{\max}$.

Методы расчета сейсмической сотрясаемости, включая установление величины максимальных возможных землетрясений, разрабатываются на протяжении ряда лет нами вместе с большим коллективом сейсмологов СССР, работающих в центральных и республиканских институтах Академии наук и других организаций, непосредственно занимающихся вопросами количественного изучения сейсмичности и сейсмической опасности. В процессе этих исследований в полной мере подтвердилось уже давно намечавшееся представление о том, что проблема установления и картирования $K_{\max}$ — самая трудная.

Существует несколько подходов к ее решению. Все они основаны на наблюдениях событий, близких к максимальным, и далее заключаются в распространении опыта наблюдений на суждение об ожидаемых возможных событиях. Перечислим некоторые, наиболее важные подходы.

Прямой метод состоит в отыскании исторических данных о больших землетрясениях, происшедших в рассматриваемой области за возможно больший промежуток времени. В нашей стране Кавказ, с древней историей населяющих его народов, пожалуй, наиболее благоприятная область для таких исследований. Богатые исторические данные имеются здесь примерно за 1000 лет. И все же они чрезвычайно бедны для того, чтобы характеризовать сейсмичность территории с требуемой детальностью. Сведения касаются лишь немногих отдельных пунктов. Огромные, ранее незаселенные территории вовсе лишены подобных данных. Кроме того, даже в издревле заселенных местах часть сведений о больших землетрясениях прошлого могла безвозвратно потеряться в ходе истории, с ее войнами и другими трагическими событиями.

Полезным дополнением к историческим данным о больших землетрясениях могут служить данные палеосейсмологии. Дело в том, что большие землетрясения иногда оставляют «шрамы» на земной поверхности — сбросы,

сдвиги, обвалы, сплывы горных пород, сохраняющиеся подчас тысячелетиями. Время появления этих шрамов удается приближенно датировать методами геологии и геоморфологии, а величина их говорит о масштабах древних сейсмических событий. Однако действенность этого метода ограничивается, как правило, лишь горными районами, где чаще обнажаются коренные породы, в которых происходят первичные сейсмические разрывы, и где покрывающие их пассивные рыхлые толщи находятся в менее стабильном состоянии, чем на равнинах. Кроме того, иногда последовательность ряда меньших событий может быть принята за одно большое.

Исторические и палеосейсмические данные относятся лишь к отдельным местам, «точкам» на карте. Далее приходится их обобщать, распространять на прилегающие территории. Обычно это делается следующим образом. Изучаемую область разбивают на предположительно однородные в сеймотектоническом отношении участки. На каждом из таких участков отбирается максимальное наблюдаемое сейсмическое событие. И событие именно такой величины предполагается возможным в любом месте территории данного участка.

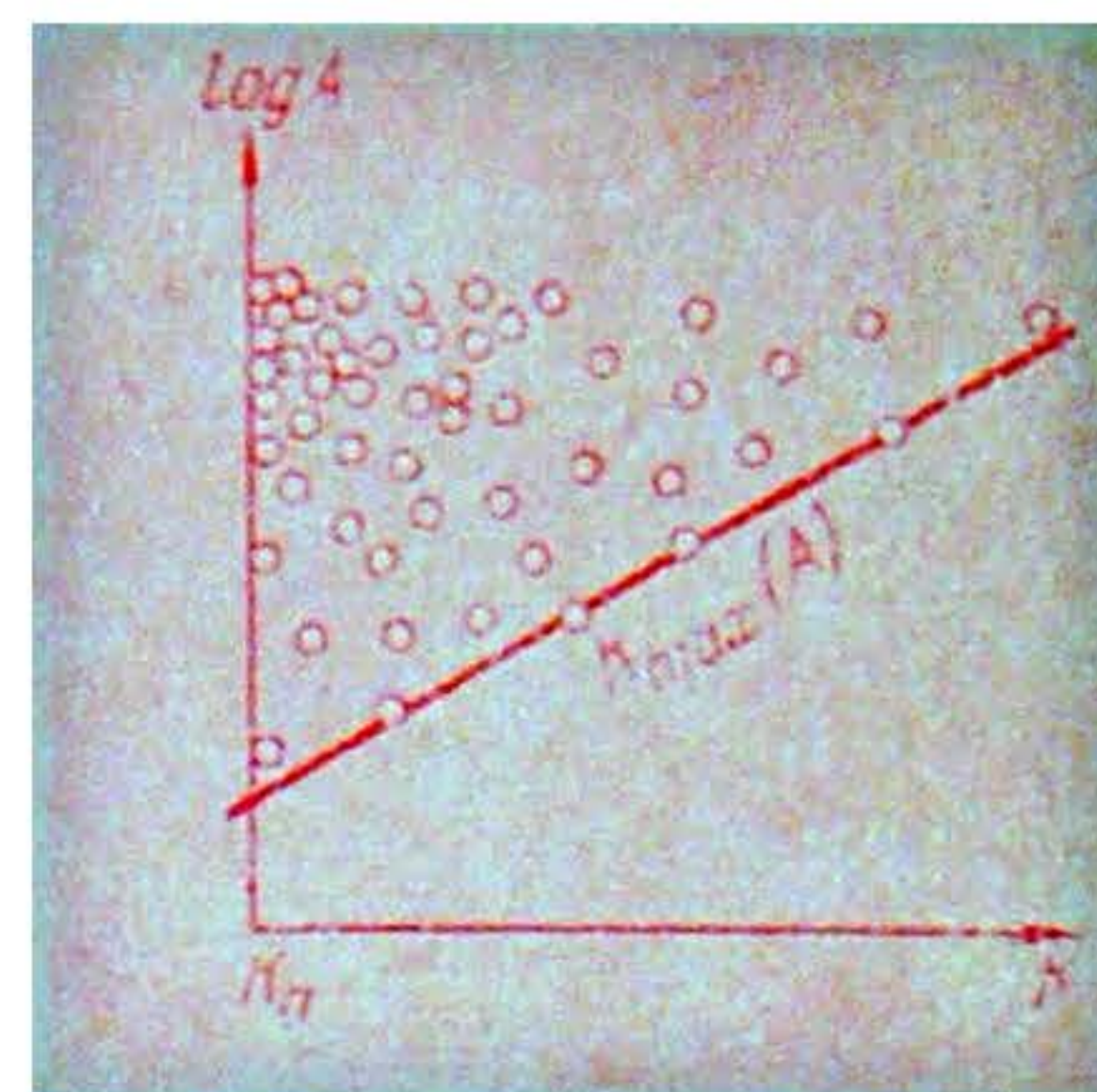
Ясно, что подобная методика имеет в основном только качественный и в большой мере интуитивный характер. Ведь трудно, если не невозможно, полностью определить, какие части территории можно считать «однородными»: вполне одинаковых частей в природе вообще не существует. Крайне рискованно также утверждать, что наблюдаемое на каждом участке максимальное событие и есть максимально возможное. А между тем именно на такой логической основе зиждутся современные нормативные карты сейсмораионирования.

Представлялось целесообразным пойти иными путями, найти более определенные, конструктивные, полностью алгоритмизированные методы решения задачи о максимальных возможных землетрясениях. В основу их казалось естественным положить общие закономерности сейсмического процесса и соотношений его с другими процессами в Земле, изучаемыми методами геологии, геоморфологии, геодезии, а также с различными физическими полями Земли — гравитационным и другими. Задача может быть поставлена в двух главных вариантах. Первый — отыскание и использование физических закономерностей сейсмотектонического процесса. Второй — использование эмпирически получаемых корреляционных связей между сейсмическими и другими явлениями и описывающими их величинами. Первый подход более глубокий, но требует большего времени. Второй — более поверхностный, но относительно быстрый. К тому же вряд ли первый подход может быть эффективно осуществлен без достаточно основательных подготовительных исследований второго рода: адекватная физическая теория не может быть построена без накопления и систематизации фактического материала.

Первое, что удалось сделать на этом пути, — установить и использовать корреляционные зависимости между параметрами самого сейсмического процесса, величиной землетрясений K и сейсмической активностью A .

Оказалось, что зависимость $K_{\max}$ от A имеет достаточно общий характер: она остается приближенно одинаковой для областей с весьма различной тектоникой — и для областей альпийской складчатости типа Кавказа, Крыма, Апеннин (Италия), и для областей преимущественно блоковой тектоники (область Байкальского рифта), и для областей интенсивной современной тектоники типа островных дуг Японии, Курил и Камчатки.

Найденная зависимость между сейсмической активностью A и величиной максимальных возможных землетрясений $K_{\max}$ была использована для оценки сейсмической сотрясаемости в ряде областей Советского Союза. Несмотря на крайнюю схематичность этой зависимости, расчеты сотрясаемости, включающие данные о $K_{\max}$, показали, в общем, хорошее согласие с наблюдаемыми величинами сотрясаемости в местах, достаточно богатых историческими данными, где такие сопоставления только и можно провести.



Зависимость между величиной землетрясения K и значением сейсмической активности A в области, окружающей очаг, тем большей, чем больше K . Это вторая из двух главных закономерностей сейсмического процесса. Оказалось, что точки, соответствующие отдельным землетрясениям, заполняют левый верхний угол плоскости графика $K \lg A$. Тогда предельный контур $K_{\max}(A)$ может служить тарировочной зависимостью для определения $K_{\max}$ по известному значению A . Этот контур выражает простое положение: где землетрясения встречаются чаще (больше A), там возникают и большие максимальные землетрясения $K_{\max}$. Конечно, это лишь средняя, наиболее частая, массовая зависимость. От нее могут быть отклонения, их надо изучать и учитывать, используя и другие виды информации (геология, геодезия, геофизика). Точки для Ташкентского землетрясения 1966 г. и Махачкалинского (Дагестанского) землетрясения 1970 г. оказались на нашем графике близкими к предельному контуру $K_{\max}(A)$. Расчеты максимального возможного землетрясения для районов Ташкента и Махачкалы были выполнены (А. И. Захаровой и Э. А. Джигладзе) еще до того, как эти землетрясения произошли. Оба события находятся на графике в предвычисленных допустимых пределах.

Какими должны стать в скором будущем расчетные методы решения проблемы о максимальных возможных землетрясениях? Они должны стать комплексными, основанными на использовании сейсмологической, иной геофизической, геологической и геодезической информации.

Сейсмичность уже издавна сопоставлялась с геологическими и другими данными. Но делалось это преимущественно лишь качественно, в словесной форме. Сейчас же задача состоит в том, чтобы сопоставления эти велись количественно, с использованием методов математической статистики, известных и специально разрабатываемых для таких сопоставлений. Однако сопоставляемые данные нужно представить в количественной форме. В геофизике и геодезии — это обычно, в геологии — пока еще нет. Это усложняет обстановку. В последние годы наши геологи нередко обижаются и негодуют по поводу того, что геофизики и другие «количественные» специалисты решают свои задачи, в частности о максимальных возможных землетрясениях, не обращаясь к геологам за помощью. И геологи, в принципе, правы: подобные задачи надо решать сообща. Но помощь геолога в общем деле не должна сводиться к волевому, произвольному «подправлению» количественно построенной карты так, чтобы привести ее в соответствие с субъективными концепциями, основанными на интуиции или пресловутом «здравом смысле». Мы все уважаем опыт и интуицию и часто ими пользуемся. Но руководящая роль интуиции должна уменьшаться от начала исследования к концу. Конец же должен базироваться на строгих доказательствах и расчетах. В сущности, дело заключается в выработке единого языка, единой, сопоставимой системы аргументации. И этот язык должен быть в основном количественным. Впрочем, геологи это уже хорошо поняли, говоря о необходимости и неизбежности «математизации» своей науки. Здесь мы имеем дело лишь с частным проявлением этого требования века.

Конкретные количественные геологические, геоморфологические, геодезические, геофизические данные, подлежащие сопоставлению с величинами землетрясений, могут быть следующие: скорости деформации (градиенты скоростей смещения) древних поверхностей выравнивания; расстояние от «живых» геологических разломов; наклоны глубинных сейсмических границ в коре и верхней мантии; величины и градиенты гравитационных аномалий; элементы электрического, магнитного, термического полей или их комбинации. В общем, речь должна идти о многомерном сопоставлении различных параметров.

Отметим две важные особенности этого сопоставления. Первая — необходимость такой организации сопоставляемых данных, чтобы получить в возможно более широкой области возможно более тесную группировку наблюдаемых «точек» вокруг искомых эмпирических осредняющих кривых или поверхностей, вообще говоря, многомерных. И вторая — необходимость построения аккуратной процедуры решения задачи не о простой статистической корреляции (например, в духе регрессии) сопоставляемых величин, а об отыскании вероятного положения предельного контура, выделяющего максимальные возможные события (землетрясения) из всех наблюдаемых. Основы этой методики намечены нами при простейшем сопоставлении величины землетрясений с сейсмической активностью, о чем уже говорилось.

В близкой перспективе решение задачи о максимальных возможных землетрясениях мыслится как их определение по комплексным сейсмолого-геолого-геодезическим и геофизическим данным с учетом «весов» каждого из видов информации. В дальнейшем решение этой задачи в пространственной области должно быть расширено на пространственно-временную область, и тогда наша задача о параметрах сейсмического климата сомкнется с задачей о сейсмической погоде, с проблемой прогноза землетрясений. При этом эмпирические, корреляционные, в широком смысле, методы решения наших

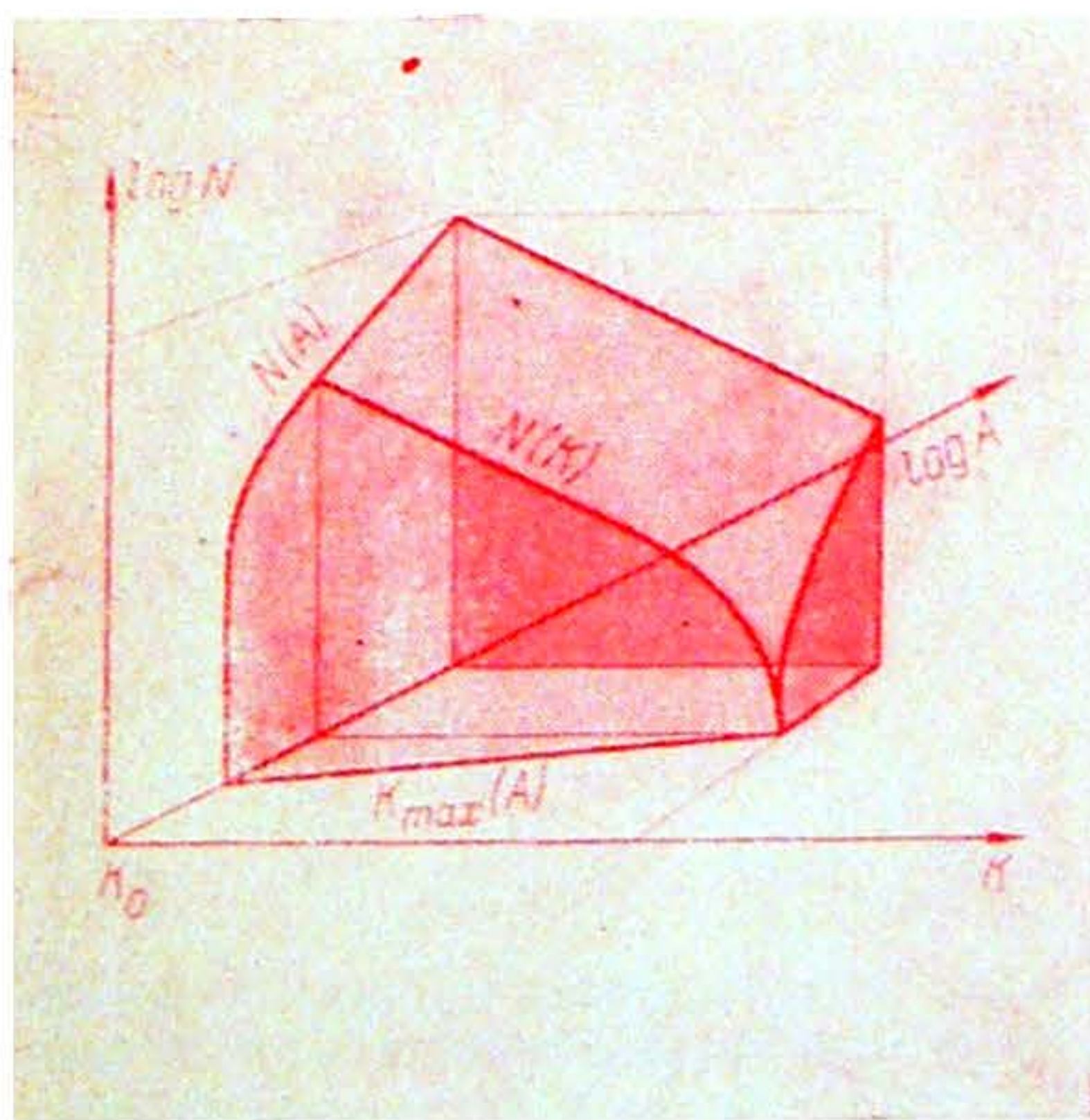
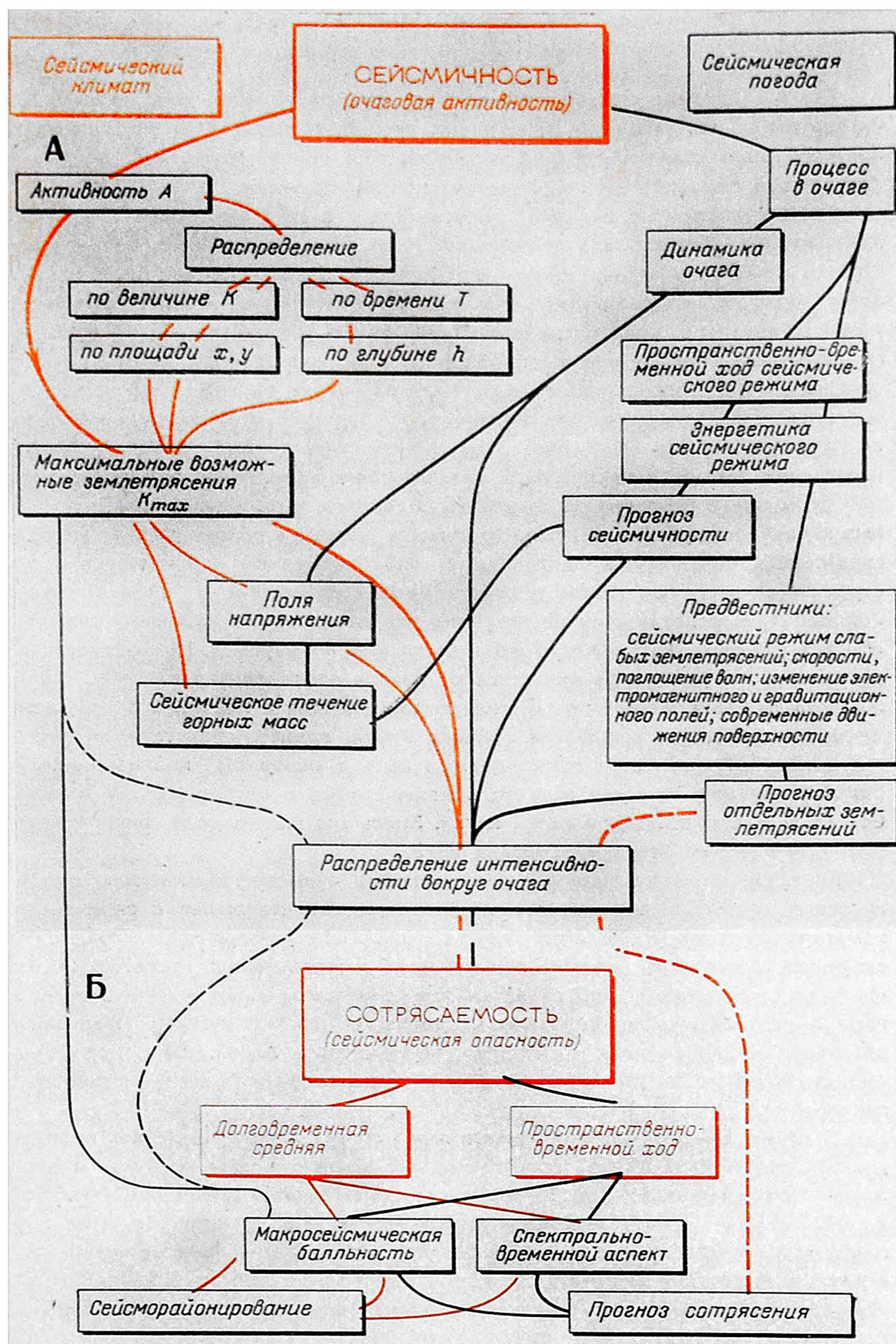


Схема трехмерного графика зависимости (K, A, N) между величиной землетрясения K , сейсмической активностью A и частотой N возникновения землетрясений разных величин



Взаимосвязь основных проблем сейсмологии. Схема состоит из двух частей. Верхняя (А) — сейсмичность, очаговая активность, процесс возникновения разрывов горных пород в очаге и генерации сейсмических волн. Это — часть динамики земных недр, особая сторона тектонического, горообразовательного процесса. Нижний раздел схемы (Б) — сотрясаемость, сейсмическая опасность — проявление сейсмического процесса на земной поверхности, воздействие его на людей и на плоды их труда, на сооружения, плотины, мосты, дома. В горизонтальном направлении схему тоже можно разделить на две части: левая — сейсмический климат, правая — сейсмическая погода. Климат, характерный для данного места на Земле, определяется совокупностью всей погоды в данном месте — метеорологической и сейсмической

задач должны все больше дополняться и обогащаться физическими соображениями, построением теории, физической модели процесса. Путь для дальнейших исследований открыт, и «кризиса жанра» в данной области не намечается.

А КАК ЖЕ БЫТЬ С ПРОГНОЗОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ?

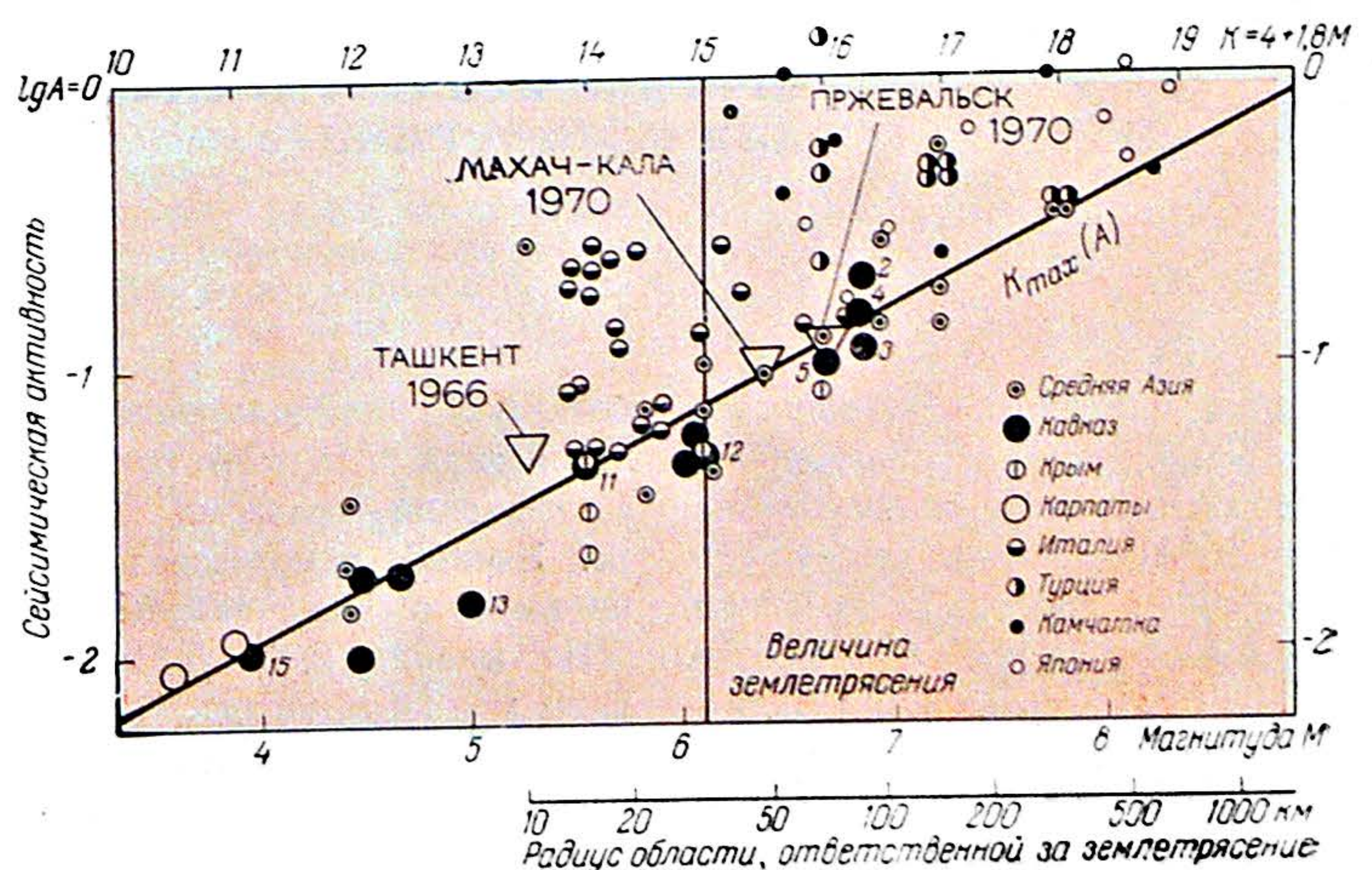
Итак, мы рассмотрели проблему максимальных возможных землетрясений как часть проблемы о сейсмическом климате и о ее практическом применении для оценки долговременной средней сейсмической опасности, сейсмозонирования. Мы старались показать, что рассматриваемый вопрос находится в «горячей точке» связи проблем сейсмологии, крайне важных в научном и практическом отношении.

Как же следует относиться теперь к проблеме прогноза землетрясений? Здесь имеется в виду «прогноз» не условный, дипломатический, к которому может быть произвольно приписана вся проблема сейсмической опасности, включая максимальные возможные землетрясения, сейсмозонирование и многое другое, а действительный научный прогноз, заключающийся в установлении времени, места и величины каждого большого землетрясения. Какова роль такого прогноза в развитии сейсмологии как науки? Какова возможная роль его в использовании достижений сейсмологии для нужд народного хозяйства и, вообще, человечества, для хотя бы частичного предотвращения потерь от сейсмической опасности?

Прогноз землетрясений — увлекательная идея. Она во многом стимулировала и стимулирует развитие сейсмологии и ряда смежных наук о Земле. Это — все более перспективное направление исследований. Намечающееся сейчас построение действенной системы кратковременного прогноза землетрясений позволит избежать большей части людских потерь и в меньшей мере — материальных потерь, например, позволяя предотвратить возникновение пожаров, которыми обычно сопровождаются большие землетрясения. Намечается и построение системы долговременного прогноза сейсмичности (на основе энергетической модели сейсмического режима), которая может быть использована для проведения оперативного, зависящего от времени, сейсмозонирования.

Конечно, полное разрешение проблемы прогноза землетрясений — построение достаточно точного расписания ожидаемых крупных сейсмических событий на многие годы и века, — в принципе, попутно разрешило бы и про-

Сводка данных о зависимости величины K землетрясения от сейсмической активности A в разных районах Евразии. K и M — разные выражения величины землетрясений. Из графика видно, что для максимальных землетрясений зависимость их величины $K_{\max}$ от активности A получается в разных районах практически одинаковой



блему сейсмического климата как совокупности всей возможной сейсмической погоды, а в связи с этим и проблему долговременной средней сейсмической опасности, сейсморайонирования. Но об этом пока еще можно только мечтать.

В настоящее время главную пользу народному хозяйству приносит и будет приносить в ближайшем будущем, конечно, не прогноз, а собственно сейсмическое районирование. Дома и другие сооружения должны противостоять всем превратностям сейсмической погоды (как и метеорологической!) многие годы, а то и века. Тогда на первый план выходят закономерности климата как совокупности погоды. Эти массовые, статистические закономерности более просты, чем индивидуальные, их легче разгадать и использовать, что и делается в действительности. Но делается это пока плохо: учитываются лишь максимальные события. Положение можно улучшить: учитывать вероятную повторяемость событий любой величины — сотрясаемость. Научные перспективы ясны. Их надо реализовать в ближайшем будущем. В этом, на наш взгляд, и состоит одна из важнейших задач современных исследований по сейсмологии, направленных на нужды народного хозяйства.

Прогноз же землетрясений был и продолжает оставаться важнейшей перспективной проблемой сейсмологии. Поиски действенных способов прогноза надо развивать параллельно основным исследованиям, несмотря на ограниченные и во многом еще неясные перспективы близкого практического использования.

Для полноты надо упомянуть еще об одной крупнейшей задаче сейсмологии, имеющей первостепенное научное и практическое значение. Это — изучение внутреннего строения и свойств Земли. Практический выход отсюда состоит в разведке полезных ископаемых. Несколько упрощая обстановку, можно сказать, что сейсморазведка и сейсморайонирование — они-то и представляют два главных лица сейсмологии, обращенных к практике, к обществу, к человечеству. Хотя ясно, что содержание и общественная роль сейсмологии этим далеко не исчерпываются.



ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ДЛЯ КАЛИФОРНИИ

Попытки вычислить вероятность новых землетрясений в сейсмоактивных зонах часто обречены на неудачу из-за коротких рядов наблюдений, продолжительностью иногда всего в несколько десятилетий. Научный сотрудник Нацпопонального центра изучения землетрясений доктор Роберт Э. Уоллес (Менло-Парк, штат Калифорния)

построил кривую вероятности землетрясений для известного района Калифорнии — разлома Сан-Андреас. Ученый использовал достаточно длинные ряды наблюдений.

По мнению Р. Э. Уоллеса, интервалы между землетрясениями могут зависеть от того, как долго затухает предыдущее землетрясение вдоль линии разлома, от степени текто-

нического крипа (ползучести горных масс), ослабляющего напряжение в земной коре, от поведения отдельных областей разлома. Р. Э. Уоллес решил уравнение, куда вошли перечисленные характеристики землетрясения, оценил вероятную повторяемость толчков вдоль разлома Сан-Андреас. Согласно его вычислениям, подземные толчки с магнитудой 8 могут происходить здесь с интервалом в 102 года, с магнитудой 7 — каждые 15 лет, а с магнитудой 6 еще чаще — раз в 5 лет.

«Bulletin of the Geological Society of America», October, 1970.



РАССКАЗ О ФИЛЬМЕ

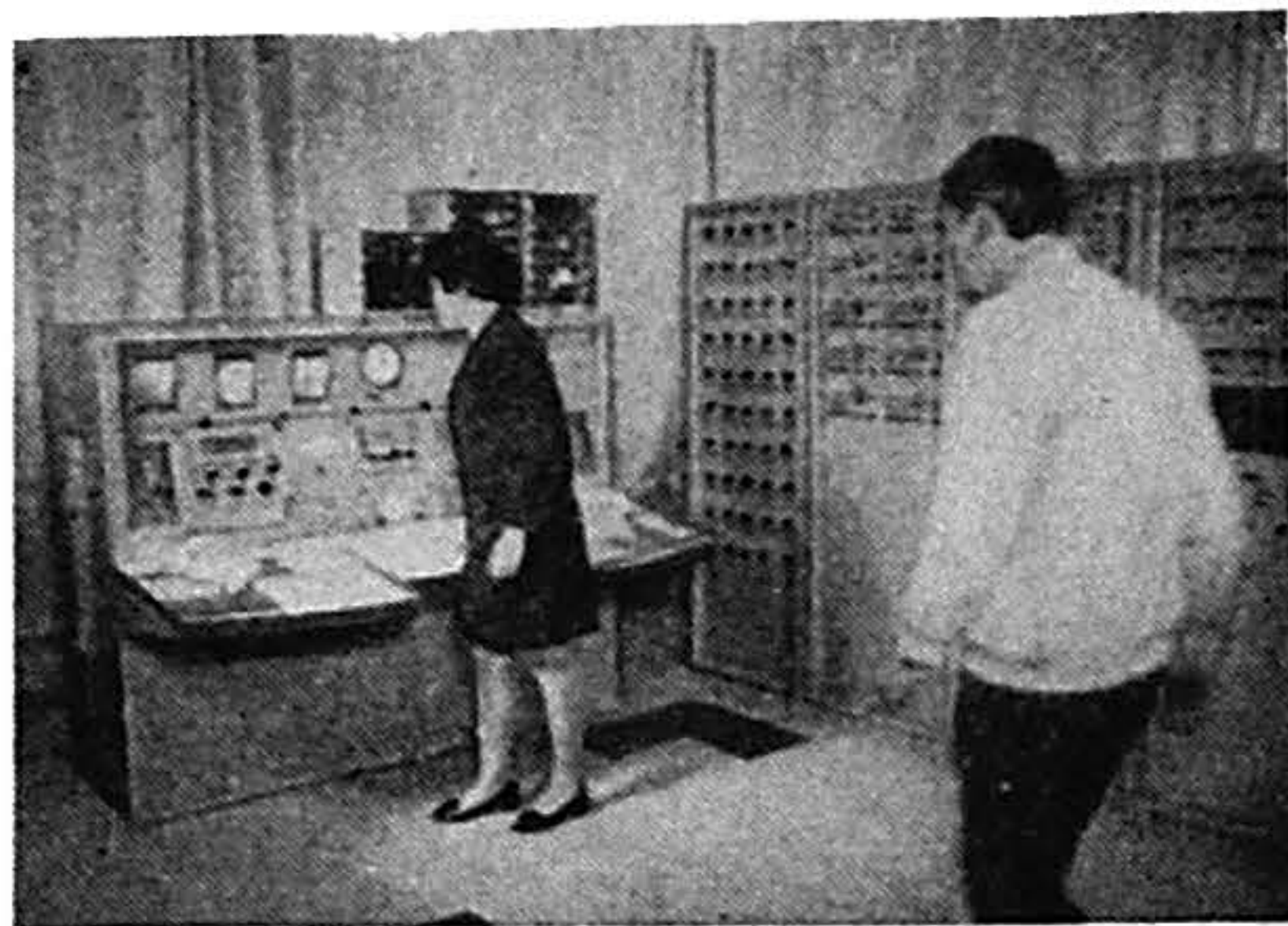
ПРОИСХОДИТ СИЛЬНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

Кинокадр, разрастаясь, надвигается на зрителя, грохочет обрушивающийся дом. Валится в пропасть мост. Бегут обезумевшие люди. Сама Земля — символ прочности и нерушимости — уходит из-под ног... Так начинается волнующий получасовой кинорассказ о землетрясениях.

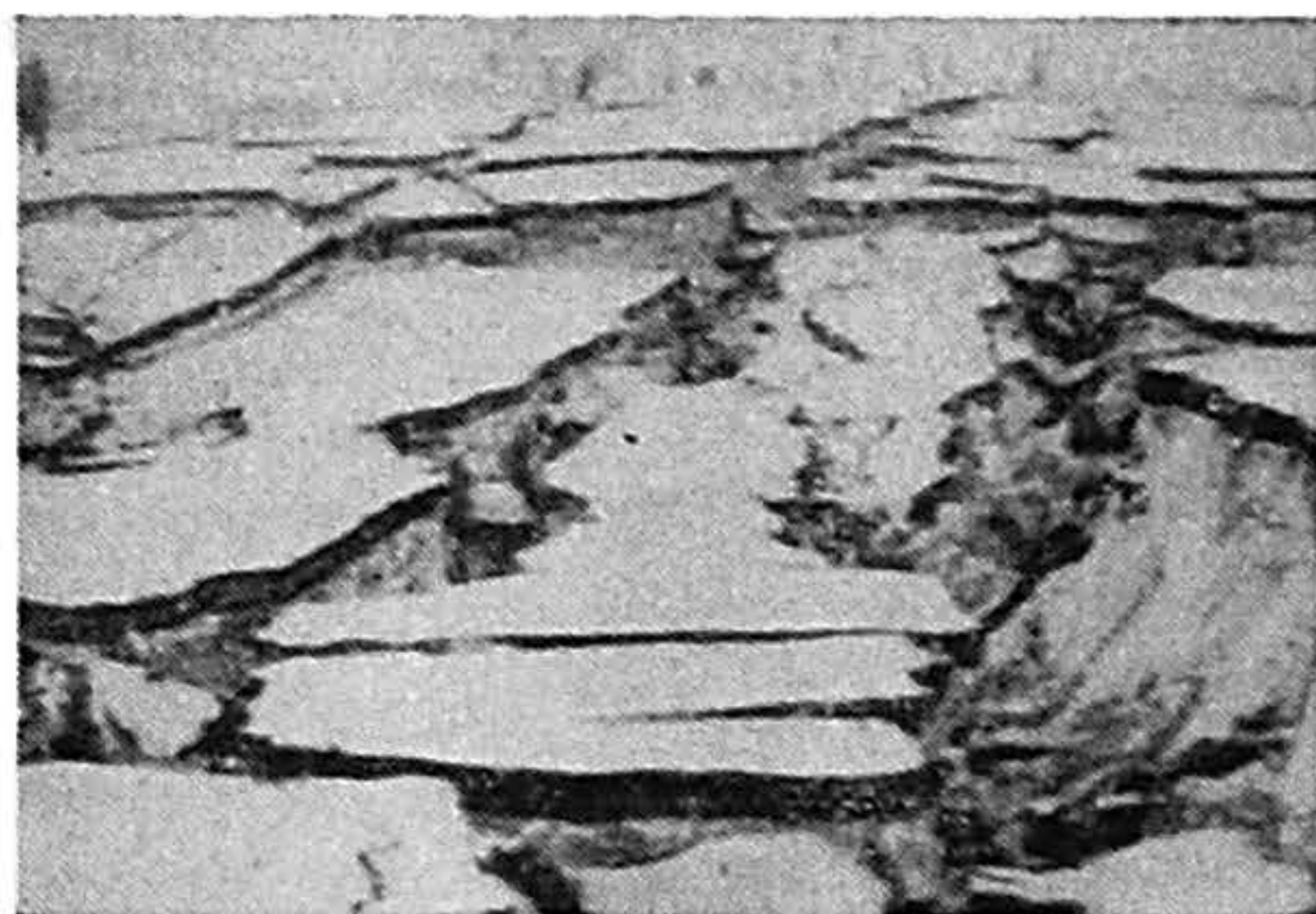
Миллионы лет происходят в Земле сложнейшие процессы — гравитационная дифференциация, фазовые превращения, зонное плавление вещества, — в результате которых воздымаются горы, извергаются вулканы. Накапливаются огромные сгустки напряжений. На экране — лабораторный опыт: в камере под прессом — образец породы. Вздрагивая, ползет вправо стрелка манометра. Внимание! Превзойден предел прочности, и образец разваливается. А в недрах Земли паутина трещин в очаге превращает в упругие волны энергию, равную взрыву тысяч атомных бомб.

Очаг под городом... Зрители в кинозале с тревогой считают километры смертоносной трассы волны, бегущей с первой космической скоростью. А там, на экране, люди еще ни о чем не подозревают: спят, наряжают елку, готовятся к воскресной рыбалке... Волна коснулась поверхности земли — в темпе мультипликации рождаются хроникальные кадры. Дрожит башня с часами в Скопье. Переваливает через маяк волна цунами в Чили. Горят нефтехранилища Ниигаты. Рушится здание в Сицилии...

Драматические кадры кинохроники сменяются повествованием о сейсмологических. Их много — целая армия. Они очень хотят сделать людей сильнее перед неизбежными катаклизмами природы. Во всех уголках земли день и ночь записывают они землетрясения. Одна из ведущих армий — Комплексная сейсмологическая экспедиция Ордена Ленина Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР. Два ее центра: в Талгаре (Тянь-Шань) и Гарме (Памир). В сумраке и прохладе штолен совершаются невидимые для глаза колебания маятников сейсмографов. Сигнал усиливается — и вот интерпретатор отмечает



Тревога. На световом табло сейсмической станции слова: «Происходит сильное землетрясение»

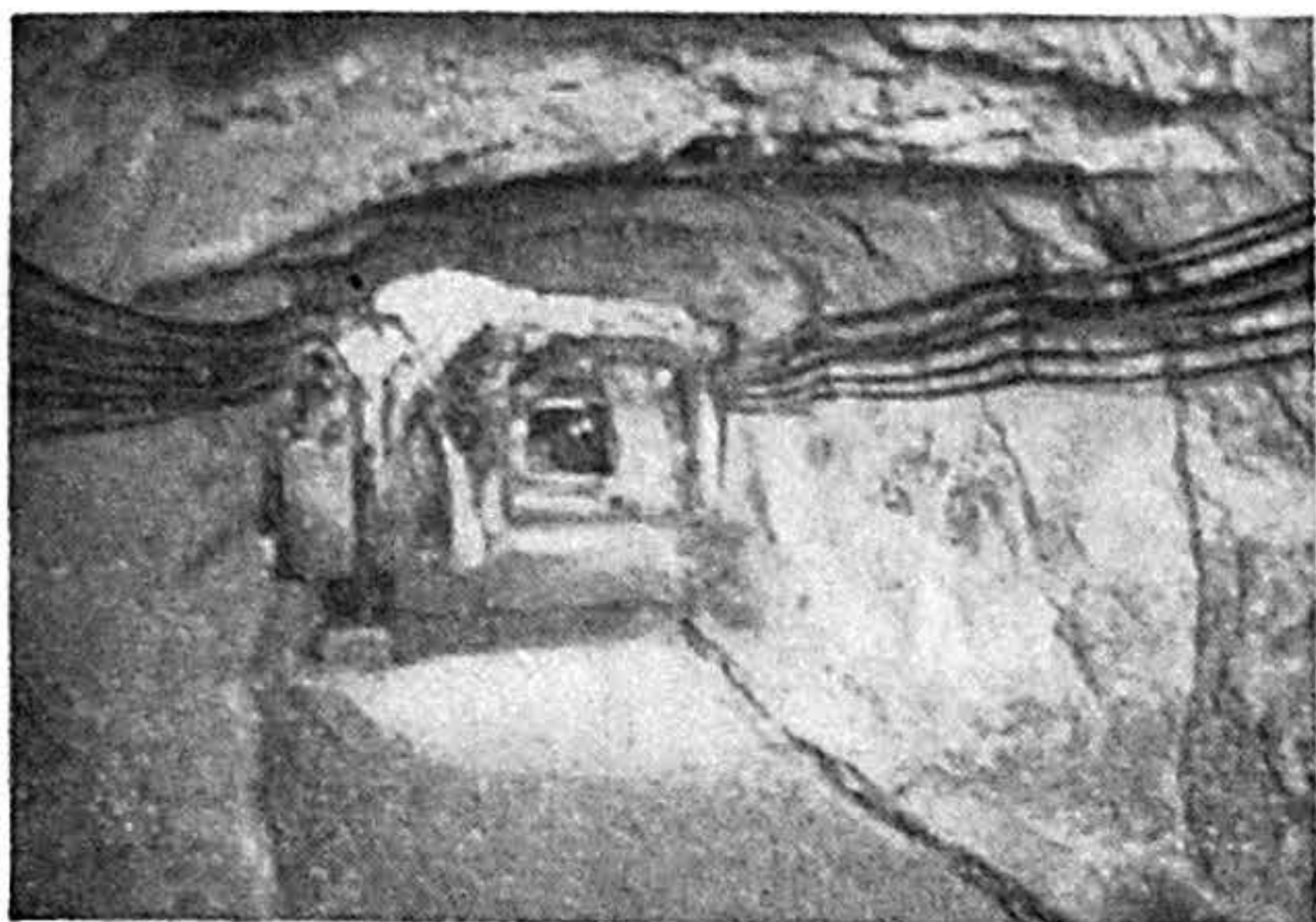


Так выглядела поверхность земли во время землетрясения в Ниигате, 1964 г.



Подземный толчок — и многоэтажное здание, не получив ни единой трещины, сильно наклонилось

Новый цветной научно-популярный фильм. Авторы сценария: И. Ц. Градов, А. В. Николаев, Н. В. Шебалин. Главный консультант академик М. А. Садовский. Режиссер И. Ц. Градов. Операторы: О. Лебединский, Я. Мавевский, А. Зильберник, И. Талуев. Режиссер мультипликации Е. Осина. Художники: М. Галкин, И. Грушкин. Композитор В. Смирнов, Директор А. Смирнов. Производство киностудии «Центрнаучфильм», 1971 г.



В глубокой штольне надежно укрытые от посторонних воздействий сейсмические приборы регистрируют самые слабые колебания земной коры

на сейсмограмме вступления волн. Вихрь вычислений на ЭВМ — и рождаются точные координаты эпицентра.

Сейсмограммы, сейсмограммы... застывшие звуки... И вот мы слышим голоса катастроф последнего десятилетия: в Ашхабаде, Чили, Ташкенте. Стоны людей, скрип построек, хрипы трещин в земле: помогите, предупредите, предотвратите!

Финал фильма — работы сейсмологов на трудном пути к прогнозу землетрясений. Таких работ еще не очень много, но результаты вселяют надежду. На Памире подсекли «особенные» очаги с аномальным отношением скоростей продольных и поперечных волн; здесь может произойти сильное землетрясение. В Ташкенте содержание радона в воде глубоких скважин быстро растет перед сильным толчком. На Камчатке ежегодно просвечивают сейсмическим глазом очаги возможных будущих катастроф...

Этот фильм о землетрясениях и ученых, которые ищут путь к прогнозу, — первый. И этот первый шаг — удача. Яркий и образный дикторский текст, он подготовлен опытными сейсмологами и талантливыми популяризаторами, не раз выступавшими на страницах журнала «Земля и Вселенная». Новый фильм с интересом посмотрят и геофизик, и школьник, и любой человек, не имеющий представления об этом стихийном бедствии.

И. Н. ГАЛКИН
кандидат физико-математических наук

ДНО КАРИБСКОГО МОРЯ... ПРОТИВ ГИПОТЕЗ

Общепринятое в геологии мнение гласит, что земная кора под океанами сложена базальтовыми породами, а под континентами — гранитными. Есть и ставшее привычным объяснение: легкие гранитные породы «всплыли» над более плотными базальтами.

С появлением гипотезы о расширении морского дна это объяснение несколько изменилось: базальты, вздымаясь из мантии Земли, проникают в кору через рифты (разломы). Граниты тоже могут быть сложены из материалов мантийного происхождения. Но как они образовались? Почему встречаются только на континентах?

До последнего времени считалось, что любой, найденный на дне океана образец гранита мог попасть туда только с континента. И, конечно, «обвинялись» ледники: во время таяния они сбросили свои гранитные включения на дно. Иногда для объяснения гранитных находок в океане вспоминали времена парусного флота, когда моряки грузили на борт своих судов валуны и камни (балласт), которые затем могли оказаться за бортом.

Драгирование дна Карибского моря, выполненное в 1970 г. с борта научно-исследовательского судна «Истуорд» (США), дало совершенно неожиданные результаты. В районе южной оконечности подводного хребта Авес с глубины 1839 м подняли много образцов гранита. Количество и общий вес этих находок (от отдельных скоплений крупной гальки и булыжника до валунов весом около 2 т) делают почти невероятным их ледниковое или «балластное» происхождение. Никому еще не приходилось находить на дне моря такое количество гранитных пород, которые составляют часть структуры земной коры.

Доктор Пол Дж. Фокс (Ламонтская геологическая обсерватория) предполагает, что поднятые образцы принадлежат крайнему северному выступу Южно-Американской континентальной платформы. Скорость распространения сейсмических волн

через эти «граниты» чрезвычайно близка к скорости, измеренной при сейсмических исследованиях земной коры, подстилающей весь подводный хребет Авес. А этот хребет простирается в сторону моря значительно дальше, чем мог бы тянуться подводный «фундамент» континента Южной Америки. Более того, лабораторные исследования показали, что возраст поднятых на борт «гранитов» достигает 79 млн. лет, т. е. они намного моложе, чем континенты. Как же собрать воедино все факты? Предложено несколько гипотез. Первая: дно Карибского моря — погружившаяся континентальная земная кора. Вторая: в эпоху среднего мезозоя (около 150 млн. лет назад) на месте Карибского бассейна образовалась молодая земная кора, которая имеет уникальное строение и превышает мощность ложа обычных океанических бассейнов в 2,5 раза.

Чтобы подтвердить или отвергнуть предположения ученых, Ламонтская геологическая обсерватория в 1971 г. снарядила новую экспедицию в район желоба Кайман. Здесь также были обнаружены граниты, под которыми находится 5—10-километровый слой с необычно высокими сейсмическими скоростями. Все другие области, где ранее находили слой с такими скоростями, — вблизи срединно-океанических хребтов или в районе плато Колорадо — являются областями, недавно испытывшими поднятие.

Однако в Карибском море центрального подводного хребта, где бы могла образовываться молодая кора, не обнаружено. Кроме того, здесь наблюдается спокойное магнитное поле без тех вытянутых магнитных аномалий, которые типичны для многих бассейнов. И эта экспедиция не принесла ответа...

Загадка строения дна Карибского моря спрятана глубоко и вызовет к жизни, вероятно, еще не одну гипотезу.

«Science News», 92, 2, 1971.

С. Б. ПИКЕЛЬНЕР
профессор

Протуберанцы

В разреженной короне висят плотные, массивные протуберанцы. Что удерживает их на огромной высоте над поверхностью Солнца? Как и откуда поднимается тяжелый газ в корону?

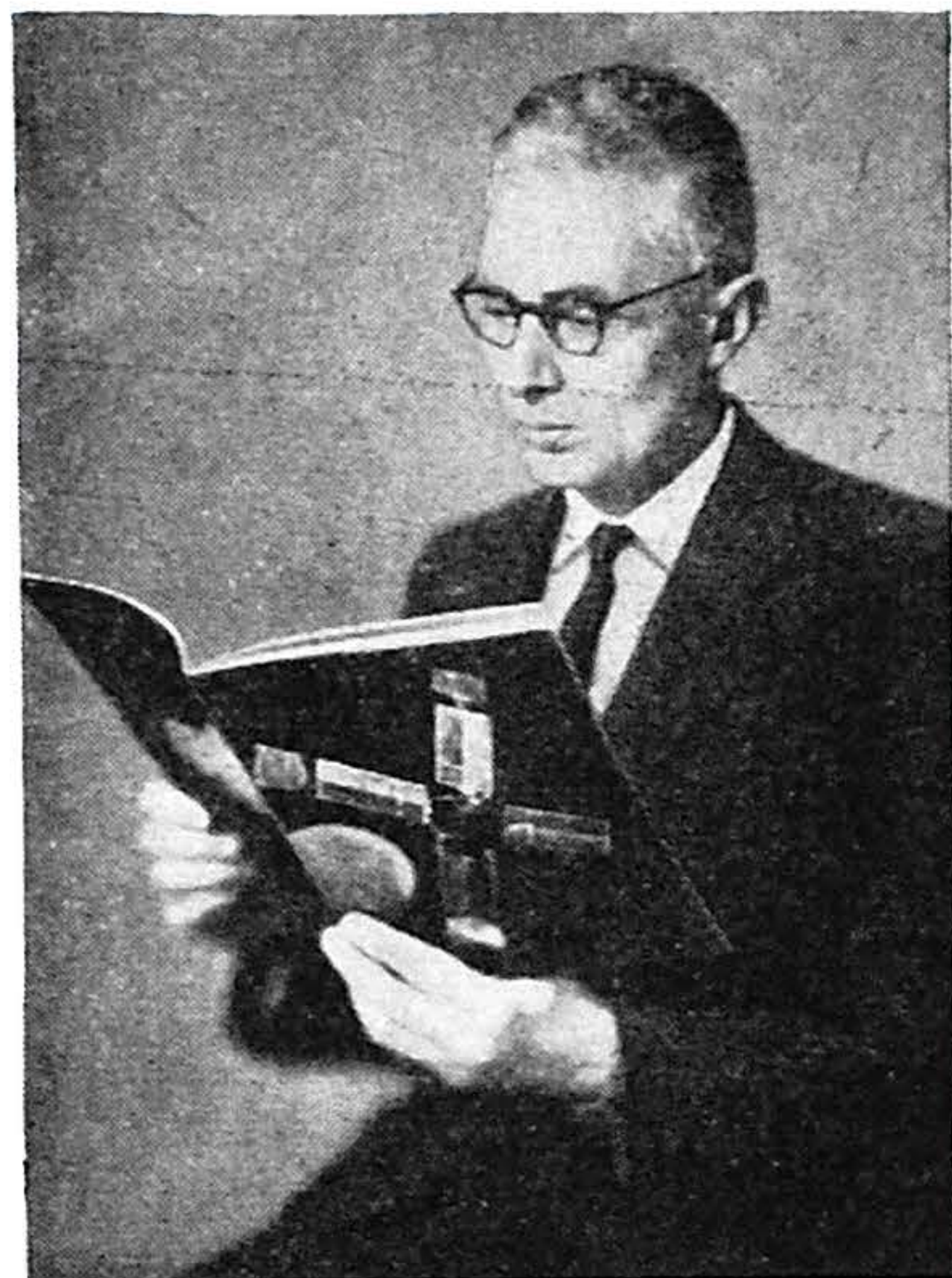
КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТУБЕРАНЦЕВ

Край Солнца на обычной фотографии кажется резким, хотя у Солнца обширнейшая атмосфера. Дело в том, что солнечная атмосфера прозрачна. Прозрачный слой разреженного газа имеет линейчатый спектр: он излучает отдельные яркие линии, а его непрерывный спектр очень слаб. Увидеть атмосферу можно через светофильтр, задерживающий свет неба около Солнца и пропускающий одну из этих ярких линий, например красную линию водорода H_α . Но через такой фильтр видна лишь хромосфера. Чтобы наблюдать корону, нужны другие фильтры, поскольку в короне водород сильно ионизован и в линии H_α не излучает. А главное, ее нужно наблюдать в горах, где небо темнее, на инструментах с очень чистыми линзами и специальными приспособлениями, уменьшающими рассеянный свет. Лучшее всего корона видна во время солнечных затмений, когда Луна загораживает яркий диск Солнца.

Во время затмения бывают хорошо заметны облака, поднимающиеся над хромосферой на высоту до 10 тыс. км, а иногда и выше. Эти облака — протуберанцы — сравнительно холодные, поэтому они светят в тех же линиях, что и хромосфера, и их обычно наблюдают через фильтр, пропускающий линию H_α . Протуберанцы видны и на самом диске Солнца, но диск ярче, и длинный тонкий протуберанец кажется темным волокном.

Замедленная киносъемка позволила детально изучить движение протуберанцев, их изменение со временем. В соответствии с характером движения протуберанцы подразделяются на несколько типов. Чаще всего над краем солнечного диска наблюдается нечто вроде занавеса толщиной 3—5 тыс. км, высотой около 10 тыс. км и длиной до 100 тыс. км. Это — спокойные протуберанцы, они в течение месяцев висят почти неподвижно над поверхностью. Более длительные наблюдения показывают, что спокойные протуберанцы медленно растут в длину, перемещаются к полюсам, и их ближайший к экватору конец сносится вращением Солнца, скорость которого увеличивается к экватору. Внутри протуберанцев газ движется хаотически, он как бы переливается с места на место, но внешне форма протуберанца не изменяется. С хромосферой протуберанец соединен несколькими колоннами, и в этих колоннах газ течет вниз.

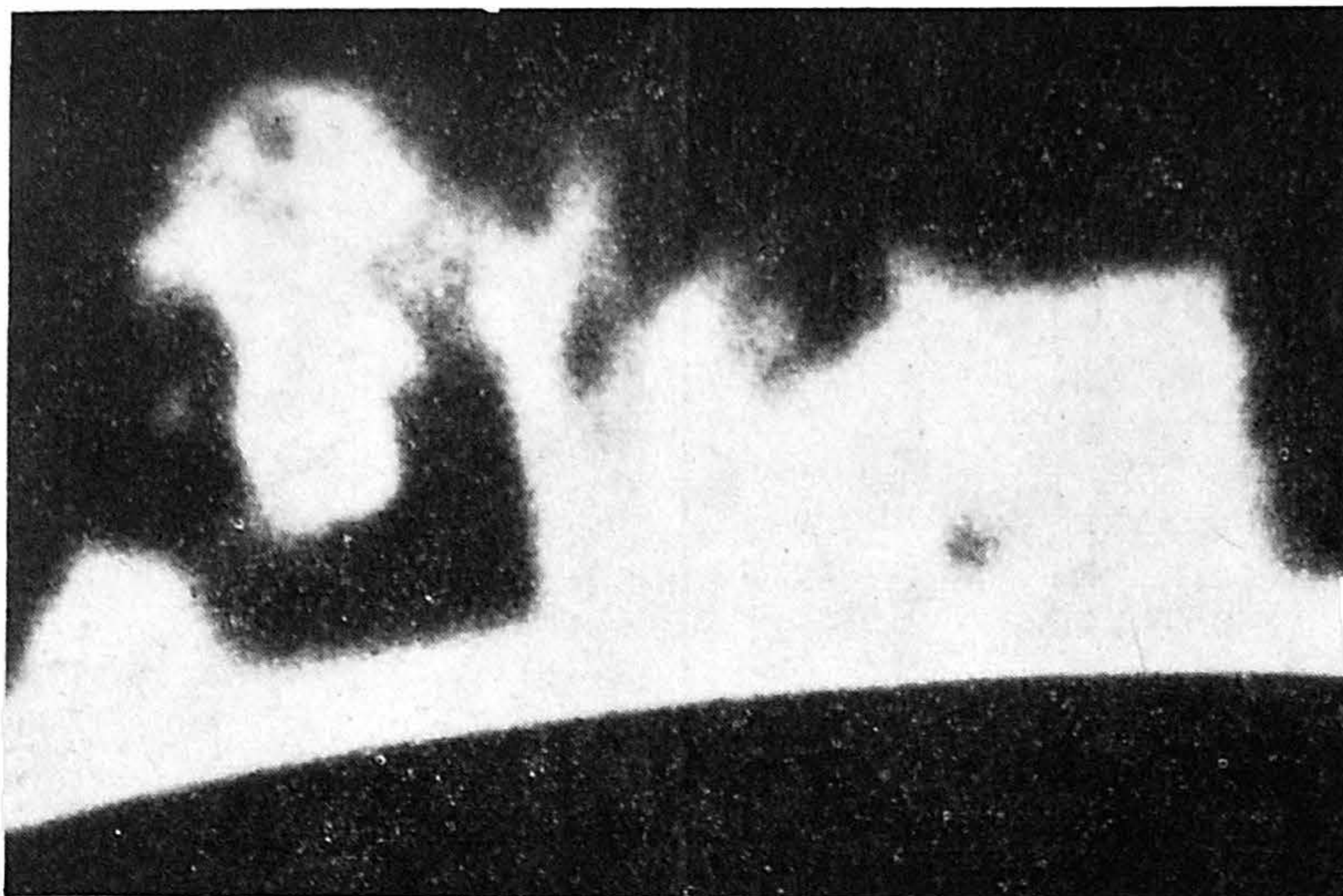
Иногда спокойные протуберанцы активизируются. Их форма меняется, и из протуберанцев опускаются в хромосферу потоки и отдельные сгустки газа. Их траектории напоминают силовые линии магнитного поля, сходящиеся к одному или нескольким «центрам притяжения» — полюсам на поверхности Солнца. Случается, что такие потоки соединяют два протуберанца. Обычно протуберанец становится активным, когда под ним появляется более сильное магнитное поле.



Исполнилось 50 лет одному из крупнейших советских астрофизиков Соломону Борисовичу ПИКЕЛЬНЕРУ — автору более ста научных работ и фундаментальных монографий по различным вопросам астрофизики — от физики солнечной атмосферы до проблем галактической структуры и космогонии галактик. Многие замечательные работы Соломона Борисовича в области космической электродинамики революционизировали астрофизику и в значительной степени определили ее нынешнее состояние.

Соломон Борисович уже рассказывал читателям «Земли и Вселенной» о своей гипотезе образования спиральных структур галактик (№ 4, 1965 г.) и о выполненных им исследованиях свойств межзвездного газа (№ 3, 1969 г.). Теперь вашему вниманию предлагается гипотеза образования солнечных протуберанцев, разработанная С. Б. Пикельнером.

Читатели и редакционная коллегия «Земли и Вселенной» поздравляют Соломона Борисовича с днем рождения, желают ему доброго здоровья и больших творческих успехов.



Спокойный протуберанец

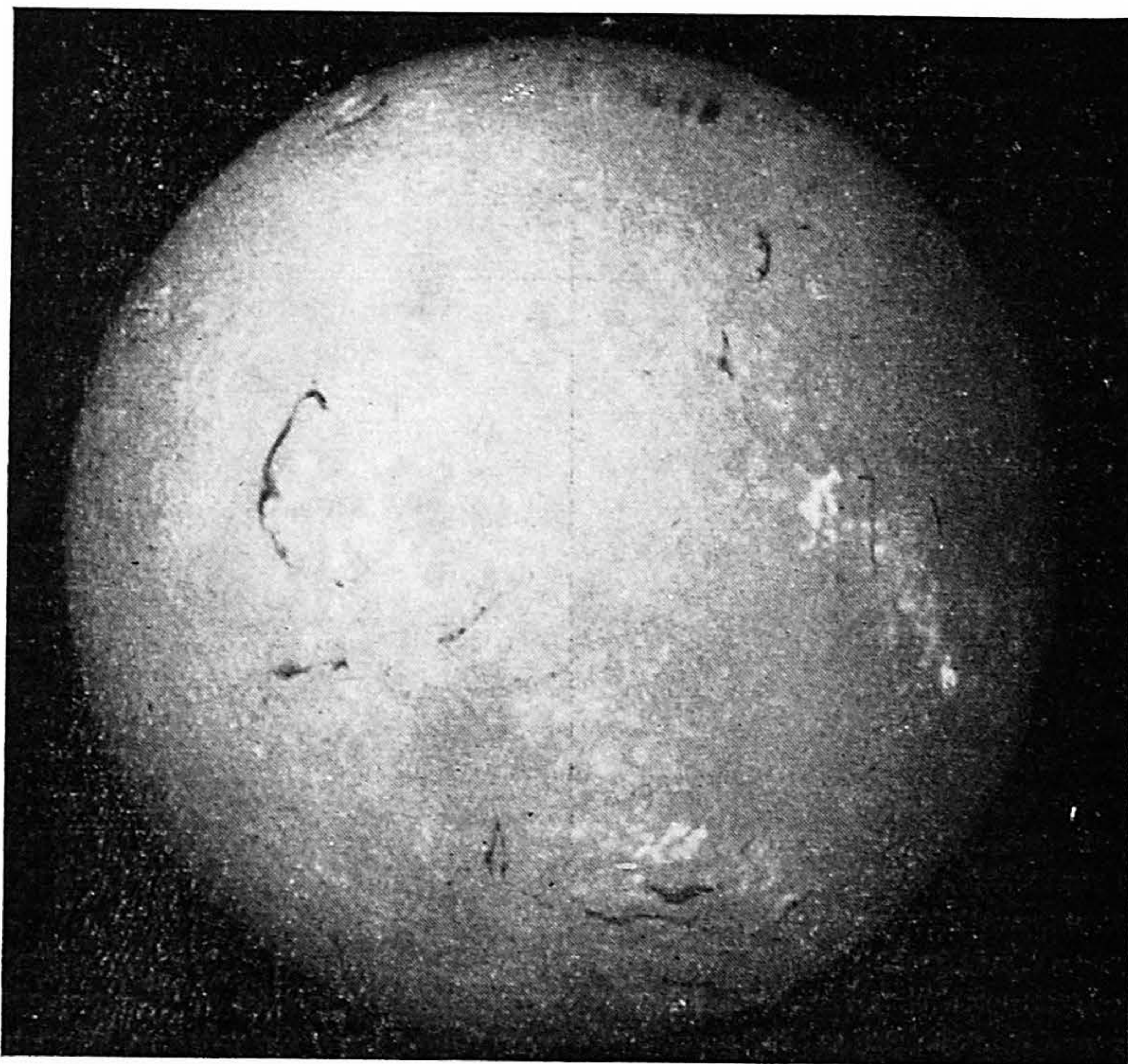
Спокойные и активные протуберанцы изредка взлетают вверх со скоростью в несколько сот километров в секунду. Они поднимаются на огромную высоту — до радиуса Солнца и выше. Такие протуберанцы называют эруптивными. Чаще вверх взлетает середина длинного протуберанца, и тогда он похож на огромную растущую дугу. Протуберанец превращается в эруптивный, если вблизи него наблюдается хромосферная вспышка или очень яркий флоккул.

Спокойные протуберанцы не появляются около пятен. С последними связаны протуберанцы солнечных пятен. Они все время активны. Эти протуберанцы напоминают либо петли, по которым течет газ, либо узлы в короне. Из узлов газ стекает в хромосферу, рядом возникают новые узлы, и вся система живет несколько дней.

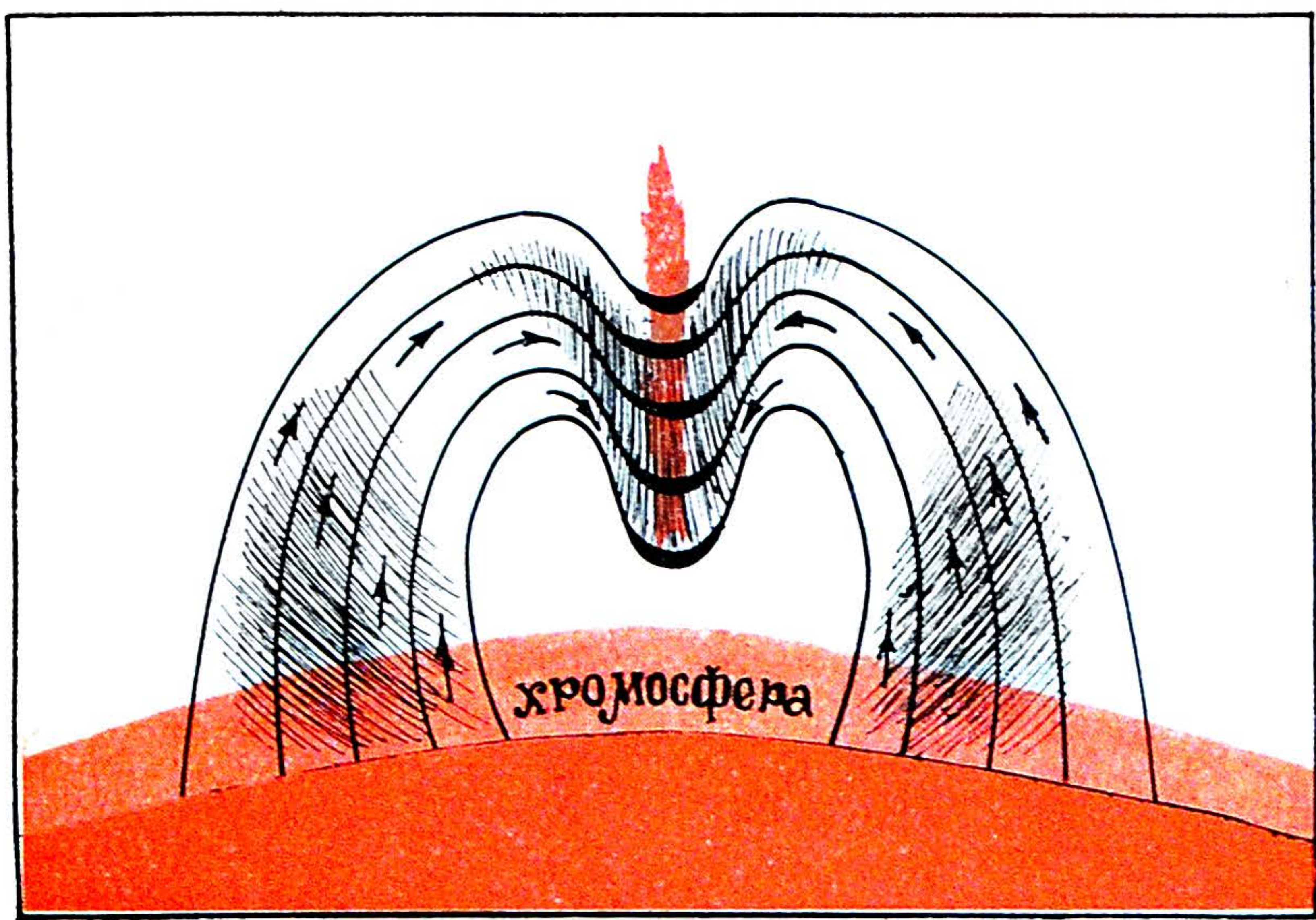
ЧТО УДЕРЖИВАЕТ ПРОТУБЕРАНЦЫ НА БОЛЬШОЙ ВЫСОТЕ?

В разреженной короне давление газа не может удержать массивные протуберанцы, так как оно гораздо меньше, чем вес столба протуберанца над площадкой 1 см^2 . Кроме давления в атмосфере Солнца могут действовать магнитные силы. Частично ионизованный газ является проводником. Его движение поперек силовых линий вызывает ток, взаимодействие которого с полем создает магнитную силу, тормозящую движение поперек силовых линий. Газ свободно перемещается только вдоль силовых линий, а пересекая эти линии, он увлекает их за собой. Поскольку силовые линии обладают упругостью, они сопротивляются сжатию и растяжению. Так возникает магнитная сила. Чтобы выяснить, как именно магнитные силы удерживают протуберанец на большой высоте, нужно знать структуру поля.

Известно, что в магнитном поле спектральные линии расщепляются на компоненты, расстояния между которыми пропорциональны напряженности поля. Этот эффект используется для измерения величины маг-



На ярком солнечном диске, снятом в линии водорода H_α , видны темные длинные протуберанцы — волокна



Схематическое изображение магнитного поля протуберанца. В углублении на вершине анфилады арок висит тяжелый газ (красный)

нитного поля. Современные магнитографы улавливают в фотосфере поле напряженностью в десятки доли гаусса. В самих протуберанцах точность измерения ниже, так как их яркость меньше. Магнитное поле в спокойных протуберанцах равно примерно 10 гс, а в активных может быть в несколько раз сильнее. Ориентация его плохо изучена, обычно имеется компонента поперек протуберанца и вдоль него. Спокойный протуберанец проходит по границе активных областей* или внутри них, по линии, где знак поля фотосферы меняется на обратный. Значит, силовая линия поднимается по одну сторону протуберанца и опускается по другую. Исходя из этого, американский астроном У. Бэбкок предположил, что протуберанец висит на вершине «магнитных арок», прогибающихся под его весом. Концы арок уходят под фотосферу и как бы закреплены там, а натяжение силовых линий у вершины удерживает газ, расположенный в прогибе, на дне «магнитной ямы».

* М. А. Лившиц. Активные области на Солнце. «Земля и Вселенная», № 3, 1966 г. (Прим. ред.).

Расчет показывает, что поле в 10—20 гс может удержать протуберанец. Однако протуберанец, висющий на вершине простой арки, неустойчив — он должен съехать в сторону вместе со своей ямой, как со скользкого надутого резинового шара. Чтобы протуберанец был устойчив и мог существовать достаточно долго, арка с самого начала должна иметь наверху прогиб, который только углубится под весом протуберанца. Такая форма арки может возникнуть при определенной структуре полей. Как эта структура создается? — другой вопрос. Пока мы будем считать, что протуберанец висит на примятых арках.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПРОТУБЕРАНЦЕВ

Как в углубление на вершине арки попадает плотный тяжелый газ? Самое простое, предположить, что он поднимается из хромосферы. Но согласно наблюдениям, газ в протуберанцах, как правило, движется вниз, а не вверх. Создается впечатление, будто протуберанец конденсируется из короны, а уже потом сконденсировавшийся газ стекает в хромосфе-

ру. Особенно наглядно это проявляется в некоторых протуберанцах типа солнечных пятен. В короне как бы из ничего рождается узел, из которого тянется вниз струя газа. Что заставляет корональный газ конденсироваться?

Гипотеза тепловой неустойчивости. Температура короны высока — около 1 млн градусов. Она определяется балансом нагрева и охлаждения. Нагрев производится волнами, идущими снизу и затухающими в короне, а охлаждение — излучением газа. Если температура короны растет, то ее излучение уменьшается. Грубо говоря, это происходит потому, что с увеличением температуры быстрее движутся электроны, а очень быстрые электроны слабее взаимодействуют с веществом. Предположим, что в некотором объеме короны температура случайно уменьшилась. Тогда излучение там возрастет и, следовательно, охлаждение увеличится, баланс нарушится и температура начнет падать. Этому способствует еще одно обстоятельство: при охлаждении уменьшается давление газа, и окружающая среда сжимает его. А более плотный газ излучает сильнее и сильнее охлаждается. Так, из-за тепловой неустойчивости газовый сгусток в короне будет охлаждаться и сжиматься, пока не превратится в плотный холодный протуберанец.

У этой картины есть существенный недостаток. Если газ конденсируется благодаря тепловой неустойчивости, то конденсация может происходить в короне всюду. А тогда не ясно, как корона вообще существует? Ведь большая часть ее массы должна сконденсироваться и упасть в хромосферу.

Чтобы корона могла существовать, в ней не должно быть тепловой неустойчивости. И в то же самое время ее излучение действительно уменьшается с ростом температуры. Это противоречие легко разрешается, если излучение не единственный источник охлаждения. Другими источниками являются теплопроводность в хромосферу и образование солнечного ветра. Теплопроводность переносит энергию от горячей коро-



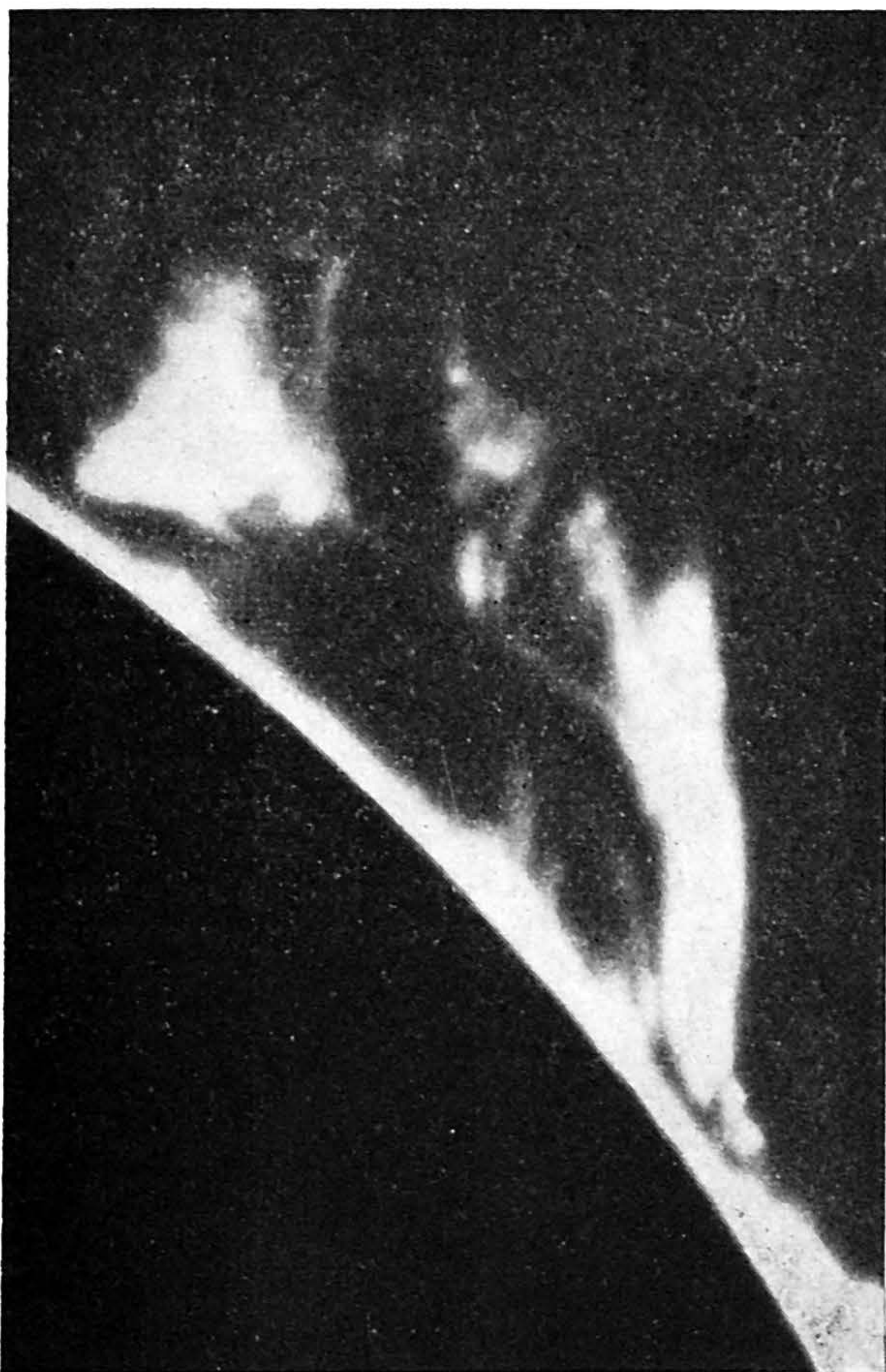
*Развитие эруптивного протуберанца, связанного с солнечной вспышкой
(фотографии на этой и следующей странице)*

ны к более холодной хромосфере, причем потери энергии на теплопроводность растут с ростом температуры короны. Солнечный ветер, или истечение короны в межпланетное пространство, возникает потому, что притяжение Солнца не может удерживать внешние слои горячей короны. Вытекающий газ уносит энергию и, подобно испарению, охлаждает корону. С увеличением температуры усиливается ветер, а также и охлаждение короны. Полная отдача тепла определяется действием всех трех факторов, она растет с ростом температуры, так что тепловой неустойчивости в короне нет. Нужно добавить, что теплопроводность короны очень

велика, и мелкие флуктуации сглаживаются за счет притока тепла из окружающих областей.

Гипотеза магнитных сжимающих сил. Если в короне есть магнитное поле, то магнитные силы могут сжать газ до высокой плотности. При этом он разогревается. Теплопроводность поперек силовых линий мала, но она велика вдоль поля. Избыток тепла уходит вдоль силовых линий и опять устанавливается корональная температура. Плотный газ излучает много энергии и вскоре остывает, превращаясь в холодный протуберанец. Трудность этой гипотезы в том, что поле арочного типа не оказывает на протубе-

ранец сжимающего действия. Но даже если предположить, что поле может сжать газ, то все равно остается трудность, связанная с большой массой протуберанца. Газ протуберанца в 1000 раз плотнее короны, и чтобы образовать протуберанец толщиной $3 \cdot 10^3$ км, нужно сжать слой короны толщиной $3 \cdot 10^6$ км, т. е. в половину солнечного радиуса! Магнитные силы на Солнце не могут захватить такой слой газа, тем более, что захваченный газ необходимо еще удерживать на весу. Итак, гипотеза тепловой неустойчивости и гипотеза магнитных сжимающих сил не могут объяснить образования протуберанцев.



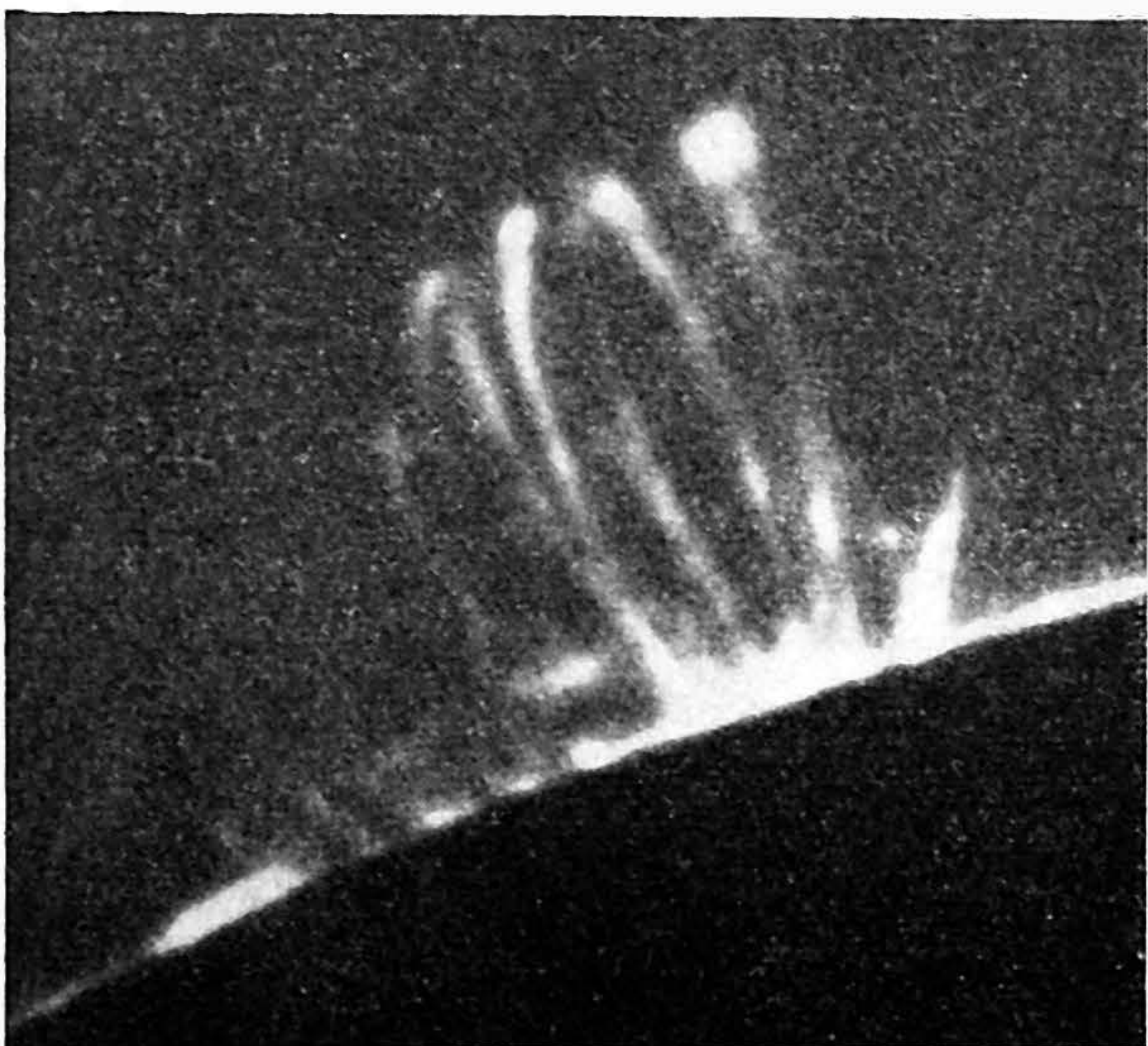
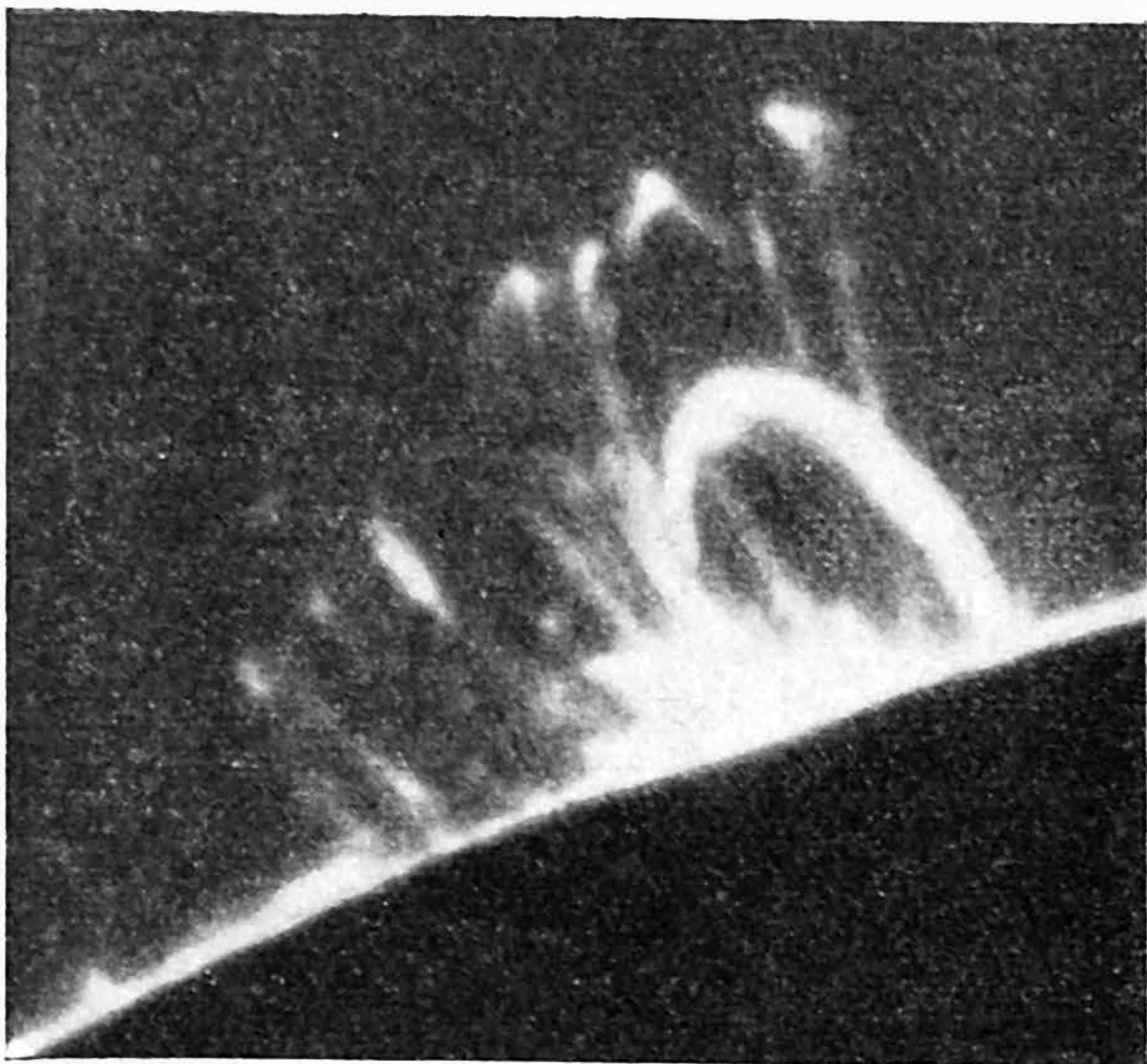
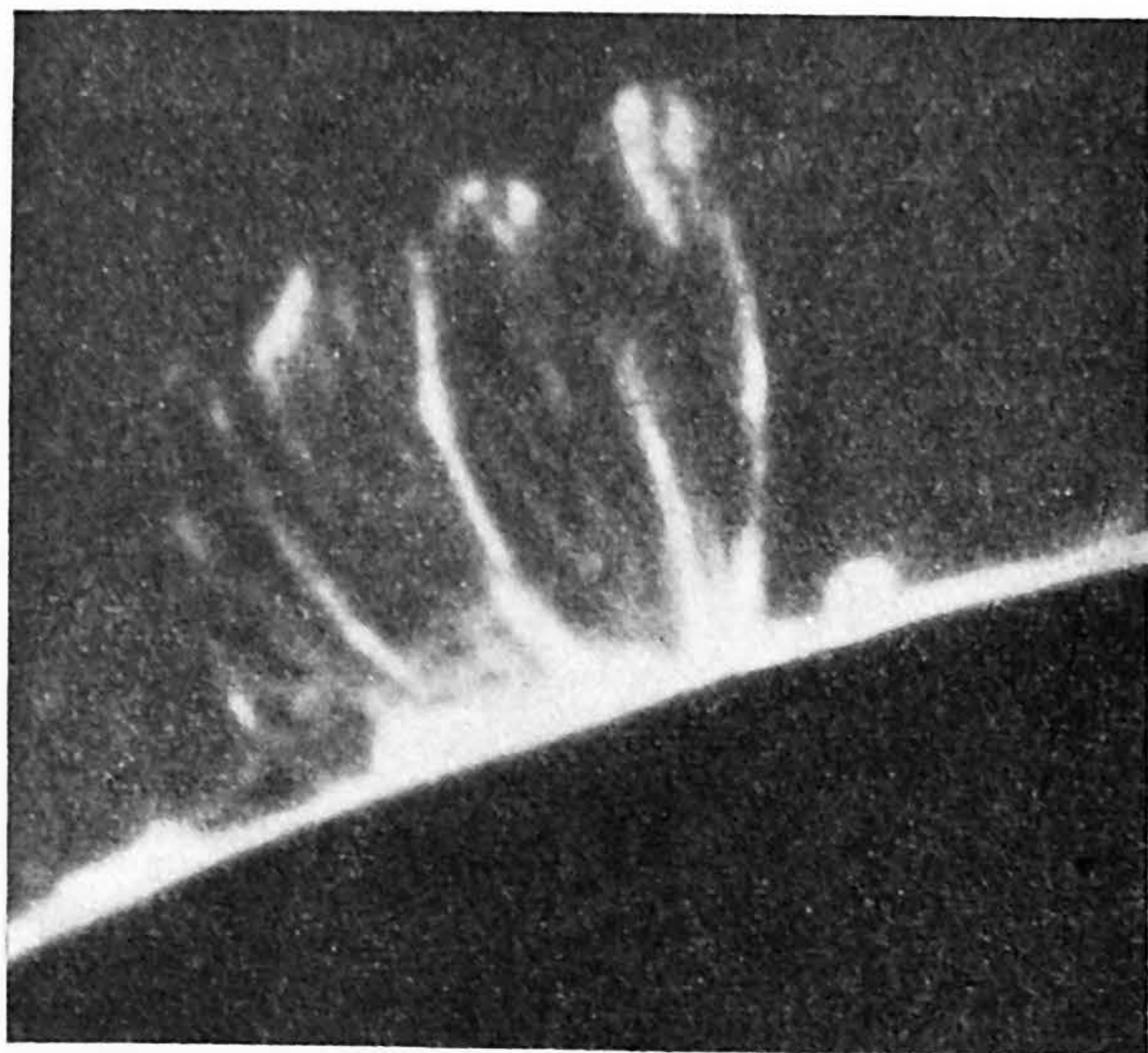
Гипотеза перетекания хромосферы в протуберанец. Пусть в короне имеется поле в виде системы примятых арок с ямой наверху. Как повлияет это поле на нагрев коронального газа? Уже упоминалось, что корона нагревается волнами, идущими снизу, из-под фотосферы. Без магнитного поля в газе могут распространяться только звуковые, или акустические, волны, которые, поднимаясь вверх, усиливаются и переходят в ударные с крутым передним фронтом. При наличии магнитного поля могут распространяться уже три типа волн. Волны Альвена, или магнитогидродинамические волны, похожи на колеба-

ния натянутого резинового шнура — они распространяются вдоль силовых линий. Две другие волны напоминают звуковые: в них тоже происходит сжатие газа, но одновременно сжимается и поле. Это — магнитозвуковые волны. Они делятся на ускоренные и замедленные. Ускоренная волна распространяется во всех направлениях, а замедленная — под небольшими углами к силовым линиям.

В короне с магнитным полем скорость альвеновской и ускоренной волн почти одинакова и быстро растет с высотой. На распространении альвеновских волн достаточно высокой частоты этот рост почти не ска-

зывается, поскольку они идут вдоль силовых линий. Для ускоренных же волн увеличение скорости связано с преломлением и отклонением от первоначального направления, так что в конце концов волны поворачивают обратно в фотосферу. Следовательно, ускоренные волны не могут пройти в корону, и нагревают ее альвеновские и замедленные волны.

Эти волны поднимаются в корону по силовым линиям, образующим боковые стороны арки. Однако волны затухают раньше, чем достигают вершины арки. Далее энергия распространяется теплопроводностью.



*Последовательные
фотографии про-
туберанца типа
солнечных пятен*

Таким образом, волны не нагревают газ в яме на вершине арки.

В яме температура ниже, плотность там растет вниз быстрее, на дне ямы газ становится плотным. А с увеличением плотности усиливается излучение, так что температура еще уменьшается, а плотность опять увеличивается. К этому нужно добавить, что теплопроводность сильно зависит от температуры, и по мере охлаждения газа к нему почти прекращается приток тепла. Если арка достаточно велика, то теплопроводность не сможет прогреть газ в яме и его температура упадет до 5—7 тыс. градусов — такая температура может поддерживаться излучением Солнца и короны. Но при столь низкой температуре плотность газа будет в сотни раз больше плотности короны, газ в яме как бы сконденсируется, займет малый объем. На место сжавшегося газа в яму перетечет под действием собственного давления газ короны. Этот газ в свою очередь тоже остынет, уплотнится, и процесс будет повторяться. Уплотненный газ накапливается на дне ямы, постепенно углубляя ее. В конце концов газ потечет к фотосфере, если какая-либо неустойчивость нарушит структуру поля. Столбы, на которые «опирается» протуберанец, есть, по-видимому, места таких неустойчивостей. Кроме того, газ может просачиваться сквозь поле, так как он ионизован лишь частично: нейтральные атомы падают, пока не столкнутся с ионами, которые держат поле, после чего они опять падают до следующего столкновения и т. д.

Эта схема образования протуберанца несколько напоминает перегонный куб. Вода (хромосфера) нагревается, превращается в пар (корону) и поднимается вверх по трубе (силовым линиям). В колене трубы устроен холодильник, где газ охлаждается и, стекая вниз, конденсируется. Течение происходит, как в сифоне, за счет разности веса.

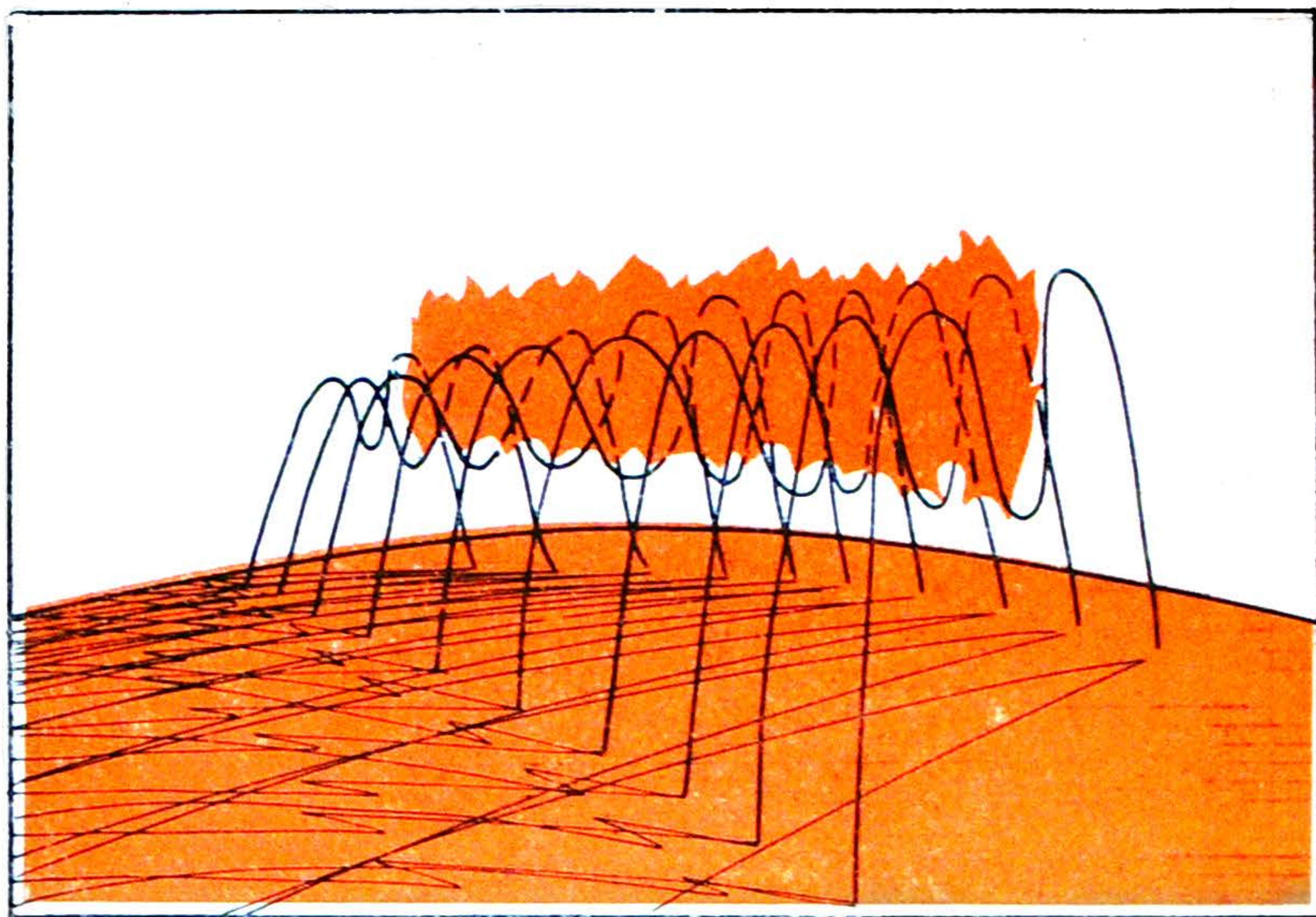
Если задать размеры арки, условия на нижнем конце и поток тепла, который входит в трубу, то можно рассчитать скорость течения и плотность газа вдоль трубы. Скорость

в среднем равна 10 км/сек. Она уменьшается у дна ямы, где плотность резко возрастает, и температура соответственно падает. Полный поток газа таков, что он создает протуберанец за 1—2 дня. Затем избыток газа должен с такой же скоростью стекать в хромосферу.

Итак, всякий раз, как в короне появляется арка с углублением наверху, начинает работать «насос», который накачивает в яму газ. Газ берется из хромосферы у основания арки, поэтому масса протуберанца может быть большой. Затем газ течет через корону, где он практически невидим в линии H_{α} и становится заметным только в момент конденсации, причем граница протуберанца сравнительно резкая. Энергия, необходимая для перекачки газа, поставляется теми волнами, которые нагревают корону у основания арки.

Образовавшийся протуберанец остается спокойным, пока поле сохраняет свою структуру. Если же оно изменяется, то новое поле может и не соответствовать условию, необходимому для равновесия. В частности, если около протуберанца появляется новый полюс, то газ протуберанца потечет вдоль силовых линий вниз, в полюс, куда сходятся линии. Это один из возможных механизмов активизации протуберанца. Спокойные протуберанцы находятся обычно вдали от пятен, очевидно потому, что поле пятна нарушает структуру анфилады арок.

Другой механизм активизации, приводящий скорее к образованию эруптивного протуберанца, может быть связан с появлением вблизи



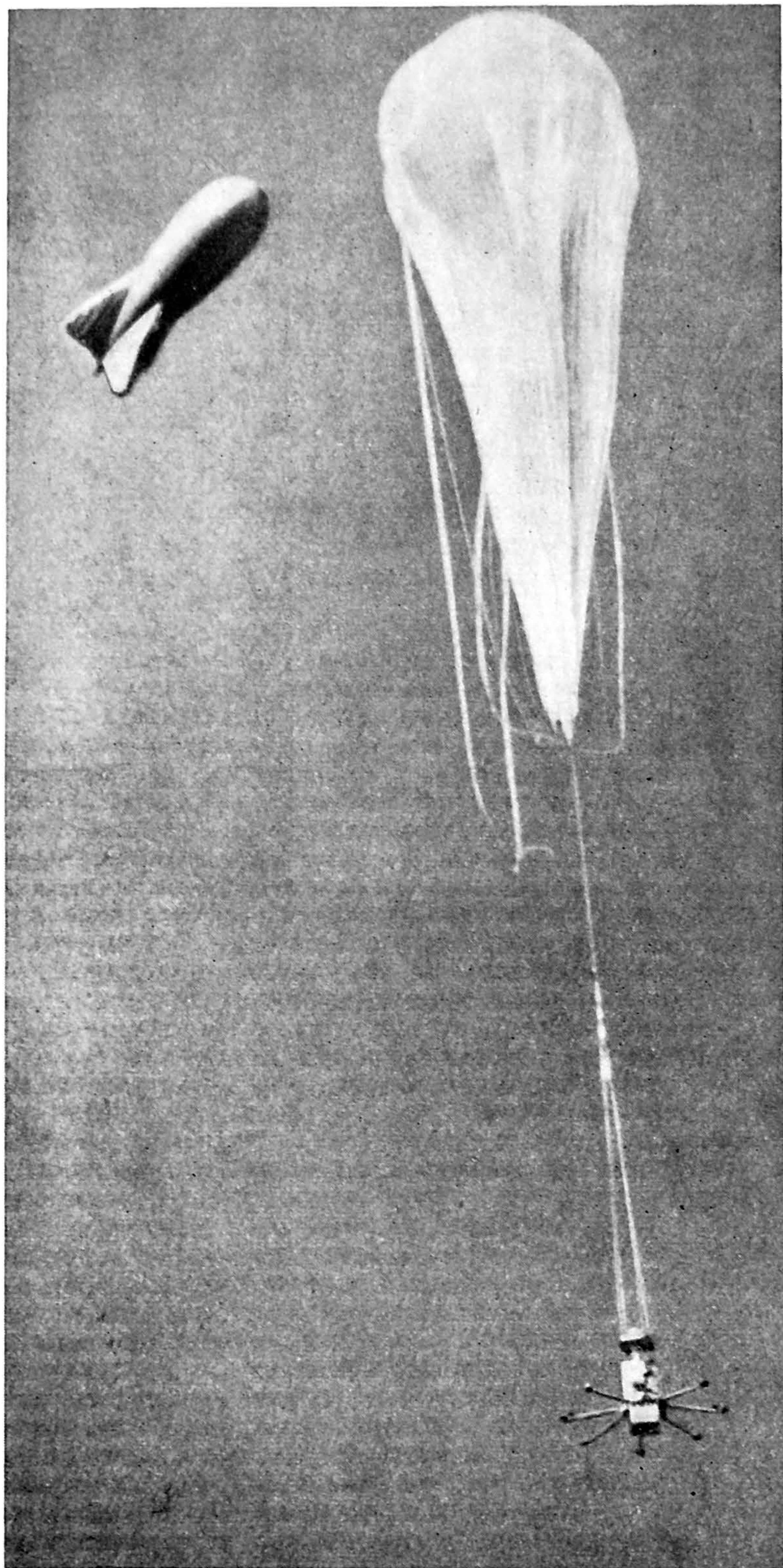
Анфилада арок, поддерживающая спокойный протуберанец (схема)

него хромосферной вспышки. При вспышке магнитная энергия превращается в энергию быстрых частиц и кинетическую энергию газа. Возникает ударная волна, которая, подобно урагану, налетает на протуберанец и сообщает ему значительную вертикальную скорость. Наблюдения показывают, что внезапные ускорения протуберанцев сопровождаются вспышками его свечения. До того как протуберанец становится эруптивным, его нижняя часть бывает ярче. Это вызвано, по-видимому, тем, что волна сначала сжимает протуберанец снизу, после чего он весь вовлекается в движение.

Протуберанцы солнечных пятен имеют природу, существенно отлич-

ную от спокойных. Здесь велико влияние сильных переменных полей группы пятен. Аномально высокая температура короны около некоторых протуберанцев свидетельствует о возможности сжатия газа и его последующей конденсации. Но удовлетворительная гипотеза происхождения протуберанцев солнечных пятен еще не создана.

Фотографии протуберанцев любезно предоставлены Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР.



В. А. КРАТ
доктор физико-математических наук
директор Главной астрономической
обсерватории АН СССР

Солнце из страто- сферы

Сколько дейтерия на Солнце? Каковы размеры солнечных гранул? Есть ли грануляция в пятнах? Советские астрономы сумели ответить на эти вопросы, наблюдая Солнце из стратосферы.

Многочисленные наземные исследования солнечной фотосферы и первые успешные попытки ее фотографирования со стратостатов (группа американских астрономов во главе с М. Шварцшильдом) показали, что дальнейший прогресс физики Солнца тесно связан с использованием максимально возможного оптического разрешения.

Загадка многих, еще непонятых явлений на Солнце — в их тонкой структуре. Так, по гипотезе академика А. Б. Северного, мощные электромагнитные взрывы на Солнце — солнечные вспышки возникают в очень малом объеме (конечно, по солнечным масштабам). Это может быть сфера или трубка сечением всего несколько десятков километров, или примерно 0,1 секунды дуги. В то же время на лучших наземных снимках нельзя увидеть объекты даже в 10 раз большие: неоднородная атмосфера Земли «портит» разрешение телескопов. Оставалось также неясным, как возникают в фотосфере мощные солнечные электромагниты — солнечные пятна. Если в момент образования они бывают очень малыми, то появляются ли они темными с мощным магнитным полем или же их магнитное поле напоминает слабое поле факелов. Проблема происхождения и развития солнечных пятен — одна из главных проблем солнечной активности, так как вместе с усилением пятнообразовательной деятельности усиливаются и все остальные процессы на Солнце и, в частности, солнечные вспышки. Предполагалось даже, что энергия вспышек заимствуется из колоссального запаса магнитной энергии групп солнечных пятен.

Не менее сложно обстоит дело и с солнечной хромосферой. Эта переходная область от фотосферы к высокотемпературной короне — предмет особенно ожесточенной дискуссии. Исследователи сходятся в том, что хромосфера по своему строению крайне неоднородна. Но сама неоднородность трактуется по-разному. Одни считают, что хромосферный газ выбрасывается снизу, из фотосферы и потому он относительно холодный. Другие, напротив, при-

держиваются мнения, что именно в хромосфере происходит тот бурный обмен веществом между фотосферой и короной, который позволяет короне, несмотря на непрерывное образование в ней огромных протуберанцев, падающих в фотосферу, сохранять свою массу. Тогда в хромосфере должны быть и горячие и холодные элементы. Такая модель, получившая название многокомпонентной хромосферы, обосновывается трудами пулковских астрономов. Однако разделить горячие и холодные компоненты и определить их роль в процессе формирования и разрушения короны можно, только прибегнув к спектроскопическим исследованиям при высоком разрешении.

Итак, высокое разрешение требуется для исследования многих явлений на Солнце. Вот почему астрономы заинтересованы в том, чтобы вынести телескопы за пределы наиболее плотных слоев земной атмосферы — в стратосферу.

1 ноября 1966 г. по праву может считаться днем рождения советской стратосферной астрономии. В этот день в Советском Союзе самая крупная в мире стратосферная обсерватория совершила первый успешный полет, достигнув высоты 20,5 км. На борту обсерватории был 50-сантиметровый телескоп системы Кассегрена с дифракционным спектрографом высокой разрешающей силы и камерой прямых снимков, дававшей изображение диска Солнца в 115 см. С помощью фотографий всего солнечного диска, сделанных на фотогелиографе, можно было точно установить, для какого участка диска получены снимки и спектрограммы на 50-сантиметровом телескопе. Специальная телевизионная камера передавала изображение Солнца на наземные станции слежения и управления полетом. По команде с Земли можно было наводить телескоп на любое место солнечного диска. Таким образом, хотя все механизмы обсерватории работали автоматически, астроном мог руководить выполнением программы наблюдений почти с тем же удобством, как и при работе с наземным

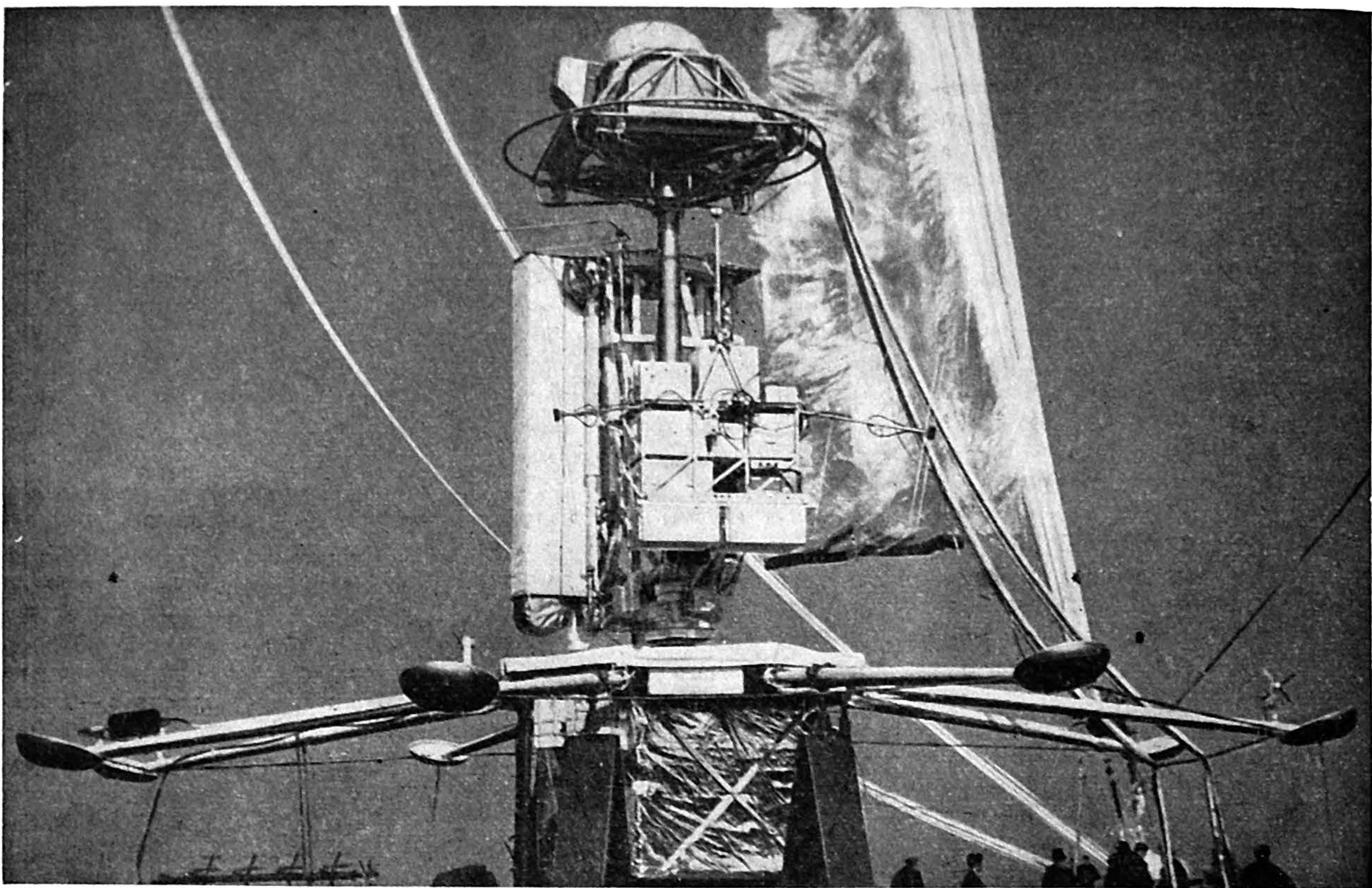
телескопом. По каналам телеметрии на станции слежения и управления полетом непрерывно шел огромный поток информации о состоянии и работе всех механизмов обсерватории, о температуре в различных ее отсеках и т. д.

После выполнения программы наблюдений обсерватория без каких-либо повреждений приземлилась на парашюте.

22 сентября 1967 г. состоялся новый эксперимент, подтвердивший работоспособность солнечной обсерватории в условиях свободного полета в стратосфере.

Эти первые два полета дали интересный астрономический материал. Удалось получить сведения о существовании чрезвычайно мелких образований в солнечной фотосфере и, главное, оценить содержание на Солнце тяжелого водорода — дейтерия. Для теории ядерных процессов на Солнце, и в особенности для теории солнечных вспышек, вопрос о содержании дейтерия всегда представлял большой интерес. С земной поверхности сделать эту оценку чрезвычайно трудно, так как в том месте солнечного спектра, где должна находиться самая сильная линия дейтерия, «сидят» линии атмосферного водяного пара. В стратосфере линии водяного пара исчезают, и этот участок спектра становится «чистым». Детальное исследование спектра показало, что возможное содержание дейтерия по сравнению с водородом не превышает 10^{-6} . Дейтерия в солнечной атмосфере практически нет. Следует упомянуть, что первые надежные сведения о том, что дейтерия на Солнце необычайно мало, ранее получил академик А. Б. Северный.

Третий полет солнечной стратосферной обсерватории был особенно плодотворным. Обсерватория доставила на Землю 93 снимка солнечной фотосферы с рекордным разрешением, полностью соответствующим теоретическому разрешению при диаметре главного зеркала 50 см. (Для сравнения укажем, что М. Шварцшильд и его сотрудники, давшие в свое время изумительные по разрешению снимки Солнца, рас-



Стратосферная астрономическая обсерватория готова к полету

полагали телескопом с диаметром главного зеркала 30 см.) Кроме того, были впервые получены и спектрограммы с предельно высоким пространственным разрешением на щели.

На снимках фотосферы самые малые гранулы имеют размеры, характерные для релеевского предела разрешения, $0'',25$, или 200 км на Солнце. Если бы истинные размеры гранул превышали 100 км, то этот предел был бы заметно выше. Поэтому можно уверенно сказать, что мы наблюдаем детали размером не больше 100 км. Но не исключено существование и более крупных гранул, каждая из которых имеет размеры $0'',8-1'',1$, или 500—800 км. До недавнего времени, судя по американским снимкам, считали, что

гранулы в среднем имеют размеры 1000 км. Снижение среднего размера гранул и уменьшение их числа (на снимках такие гранулы встречаются гораздо реже, чем более мелкие) показывают, что гранулы размером в 1000 км вряд ли существуют как цельные образования. По-видимому, поле грануляции состоит из объектов, размеры которых не превышают 500 км. Это означает, что нужно пересмотреть заново теоретические представления о фотосфере.

Что же такое грануляция? Согласно весьма распространенной гипотезе, грануляция обусловлена выходом на поверхность зоны конвективного перемешивания газа. В этом случае гранулы должны быть конвективными ячейками типа ячеек Бенара. В

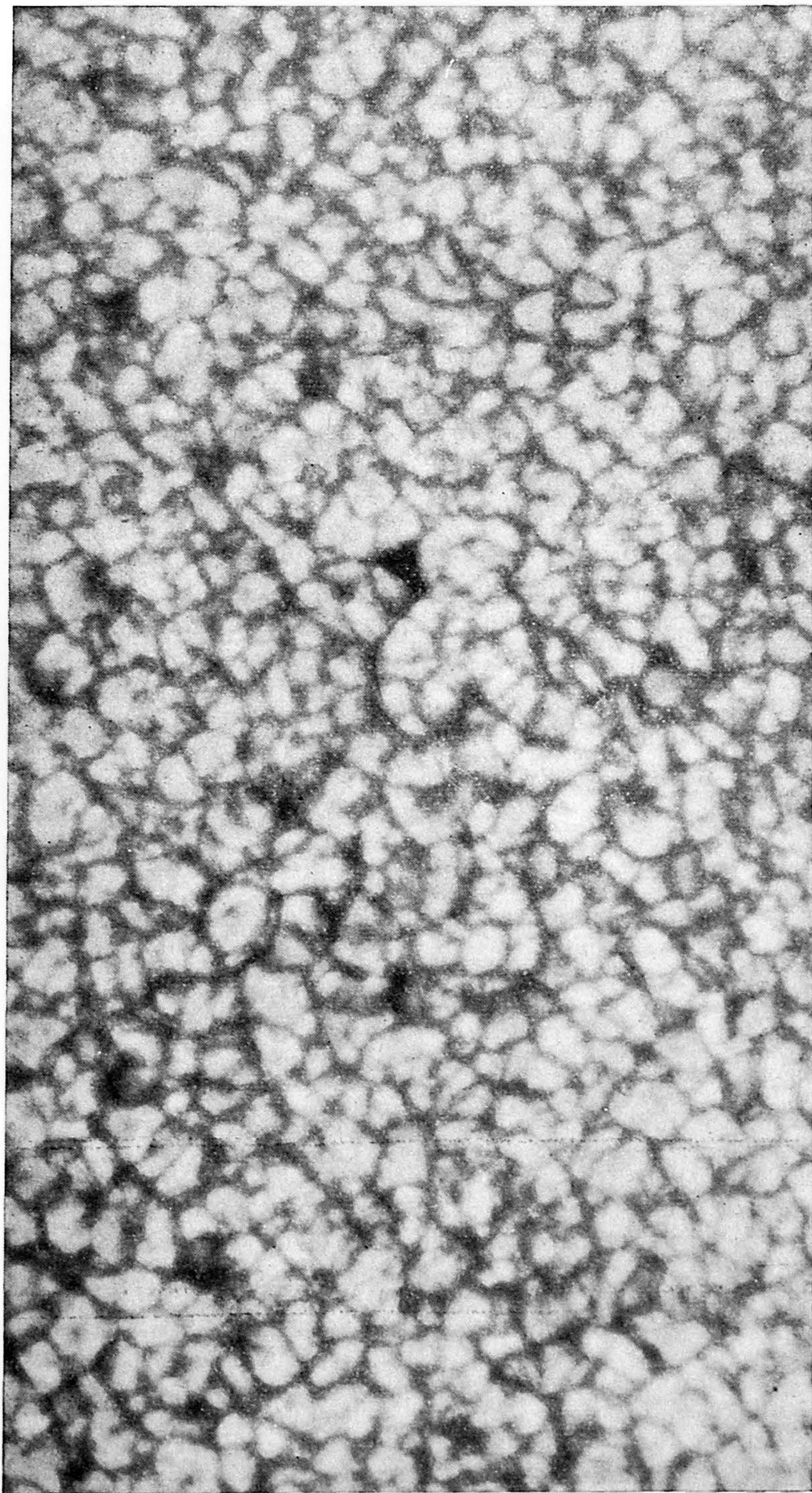
центре ячейки горячий газ поднимается вверх. Охлаждаясь, он растекается в стороны и опускается вниз. Так как солнечный газ является плазмой (проводник), то это движение должно увлекать за собой магнитные силовые линии и быстро разрушать магнитное поле. При сильном магнитном поле такая конвекция затухает. Поэтому бенаровская конвекция невозможна в устойчивом магнитном поле.

Согласно новым представлениям, конвекция на Солнце может носить лишь колебательный характер. Нагретые участки должны подниматься и, охладившись, опускаться. Линии магнитного поля при этом колеблются вместе с движущейся солнечной плазмой. Такие колебания создают в верхних слоях солнечной атмосферы звуковые волны и волны тяжести, подобные волнам в земных океанах. По образному описанию М. В. Ломоносова, «там огненные валы стремятся и не находят бе-

регов». Волны, распространяясь вверх и в стороны, интерферируют между собой. На разных высотах в атмосфере должны встречаться разные фазы колебаний. Действительно, новые спектрограммы, подтверждая прежние результаты, полученные в Пулкове со значительно меньшим разрешением, говорят в пользу волновой картины движений в фотосфере. Скорости движений, измеренные по сдвигам спектральных линий из-за эффекта Доплера, достигают величины $\pm 1,5$ км/сек, что существенно больше значений скорости, ранее определенных наземными обсерваториями.

Исключительно интересны хорошо заметные на снимках темные «дорожки» и «переулки». Иногда они четко делят гранулы на отдельные группы. Температура темных промежутков на $300\text{—}550^\circ$ ниже температуры светлых гранул. Отдельные темные округлые образования, похожие на маленькие пятна, примерно на 700° холоднее гранул. Такие большие перепады температуры в фотосфере возможны только в присутствии довольно сильного магнитного поля (порядка сотен эрстед). Есть основание считать, что вся картина строения грануляции в значительной степени отражает структуру магнитного поля фотосферы.

Совершенно удивительные результаты получены для ядра большого солнечного пятна (впрочем, его можно считать большим лишь среди пятен правильной формы). Вместо своеобразной грануляции, которая весьма неуверенно прослеживается на наземных снимках, в ядре наблюдается сложная структура из звездообразных объектов на неоднородном по яркости (яркость плавно меняется) сплошном темном фоне. Недавно наземными исследованиями было установлено, что яркость внутри пятен почти однозначно связана с магнитным полем. Более светлые места соответствуют пониженному значению магнитного поля. «Звезды» в ядре почти столь же ярки, как окружающая пятно фотосфера, поэтому их магнитное поле следует считать не большим чем 200—400 э. В таком случае, «звезды» могут ока-



Солнечная грануляция. Снимок получен на 50-сантиметровом телескопе, установленном на стратосферной обсерватории. Масштаб снимка: 3 мм соответствуют 1 секунде дуги, или 800 км на Солнце

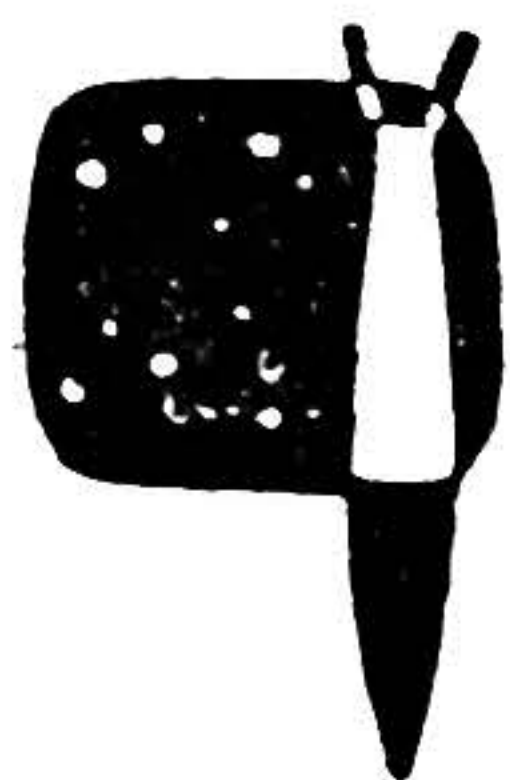
заться местами выхода своеобразных жгутов из магнитных силовых линий. Такими жгутами, как показала М. Н. Стоянова (Пулковская обсерватория), являются фотосферные факелы. Возможно, факелы, окружающие пятна,—продолжение жгутов, видимых как «звезды» в ядре пятна. В то же время наличие в ядре сплошного фона наводит на мысль, что магнитное поле дробится на отдельные жгуты не повсеместно. Дробление поля характерно для периферии пятна—его полутени, где магнитное поле сосредоточено главным образом в темных волокнах и лишь частично обнаруживается в ядре пятна—в его «звездах». Есть ос-

нования думать, что расщепление магнитного поля на жгуты представляет собой процесс распада солнечных пятен.

Подытоживая результаты третьего полета солнечной обсерватории, следует отметить, что именно теперь особенно ясной становится структура магнитного поля в солнечной плазме. Волокна и жгуты относятся к наиболее характерным элементам магнитного поля. Этот вывод, по-видимому, может оказаться фундаментальным для теории плазмы.

Говоря о результатах, нельзя забывать и то, что в процессе полетов солнечной стратосферной обсерватории отрабатываются методы, ко-

торые с успехом могут быть применены для создания крупных солнечных станций в космосе. Это поможет добиться и в условиях космоса максимального использования разрешающей силы телескопов. Пока же мы обязаны развивать одновременно наземную, стратосферную и космическую астрономию. Без сочетания всех методов исследования нельзя успешно развивать современную физику космоса. Нельзя подготовить и теоретическую базу для создания в будущем больших обсерваторий в космосе. Астрономия будущего создается на базе астрономии нашего времени.



ДЕСЯТЬ РАБОЧИХ ДНЕЙ «ЛУНОХОДА-1»

За минувшие девять месяцев работы советской самоходной автоматической лабораторией на Луне выполнены обширные научные исследования. Уже получено свыше 190 телевизионных панорам лунной поверхности и свыше 20 тыс. телевизионных снимков. «Луноход-1» на своей трассе, протяженность которой достигла 10 452 м, приблизительно через каждые 20 м определял механические свойства грунта. В 25 пунктах выполнялся тщательный анализ химического состава лунного грунта. Исследовались космические лучи малых энергий, контролировался уровень протонной активности Солнца. Особенность изучения космических лучей

заключается в том, что информация должна поступать из различных районов межпланетного пространства. Одновременная регистрация космической радиации приборами, установленными на Луне и космических аппаратах, приближающихся сейчас к Марсу, позволяет разделить пространственные и временные эффекты. Подобные эксперименты дают материал для познания закономерностей солнечной активности.

Основные исследования за последние два месяца состоят в детальном обследовании лунной поверхности при малых перемещениях лунохода. Метод исследования—сплошная стереоскопическая панорамная

съемка. Чтобы обеспечить сплошное перекрытие площадки, самоходный аппарат включает свои камеры через 20—50 м пути. Таким образом, получают количественные характеристики различных морфологических элементов на поверхности—кратеров, камней и т. д.

Предстоит огромная работа по обработке и анализу полученной информации. Окончательная оценка результатов научных экспериментов, проведенных на «Луноходе-1», может быть дана только после завершения этой работы. Но и сейчас очевидны огромные возможности самоходных аппаратов.

Интенсивное исследование Луны, проводимое сейчас автоматическими аппаратами, а также экспедициями с участием человека существенно дополняют представления о природе естественного спутника Земли.



Экипаж «Аполлона-15»

7 августа 1971 г. благополучно завершилась двенадцатисуточная экспедиция на Луну. «Аполлон-15» пилотировали выпускники Массачусетского

технологического института, военные летчики — полковник Дэвид Скотт (командир корабля, участник полетов на космических кораблях

«Джемини-8» и «Аполлон-9»), майор Альфред Уорден, подполковник Джеймс Ирвин.

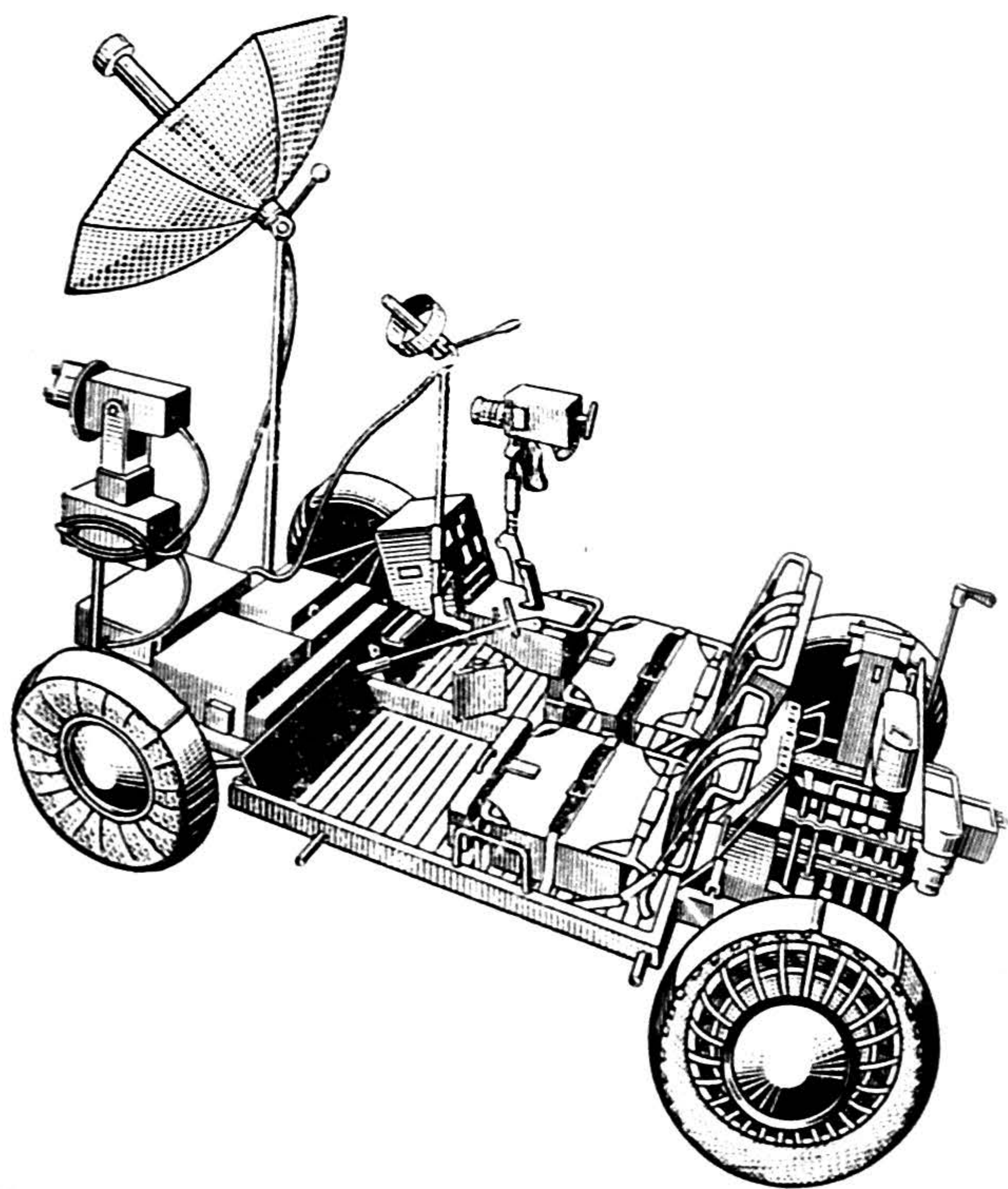
Лунный отсек совершил посадку у подножия Апеннин, в районе ущелья Хэдли. Скотт и Ирвин трижды выходили на поверхность Луны. Они путешествовали на своем луноходе, бурили скважины для установки приборов, собирали многочисленные образцы лунных пород. На месте посадки космонавты оставили пластину с именами советских и американских космонавтов, отдавших жизнь делу покорения космоса. Перед пластиной установлена фигурка, изображающая погибшего космонавта.

Научные исследования продолжались и после возвращения космонавтов в основной блок корабля. В частности, космонавты, находясь на лунной орбите, запустили небольшой спутник, который будет длительное время передавать снимки поверхности Луны.

На трассе полета Луна — Земля космонавт Уорден вышел в открытый космос и извлек из фотокамер, установленных в двигательном отсеке, кассеты со снимками Луны.

8 августа 1971 г. Председатель Президиума Верховного Совета СССР товарищ Н. В. Подгорный поздравил Президента США Р. Никсона с успешным завершением полета «Аполлона-15» и передал поздравления и добрые пожелания отважным космонавтам.

В «Земле и Вселенной» будут опубликованы материалы о научных итогах полета «Аполлона-15».



Луноход, на котором совершали поездки по Луне космонавты Д. Скотт и Дж. Ирвин. Электрические двигатели находятся в каждом из четырех колес. Источник энергии — две серебрено-цинковые 36-вольтовые батареи

И. К. КОВАЛЬ
доктор физико-математических наук
председатель Комиссии по физике
планет
Астросовета АН СССР

Планета Марс

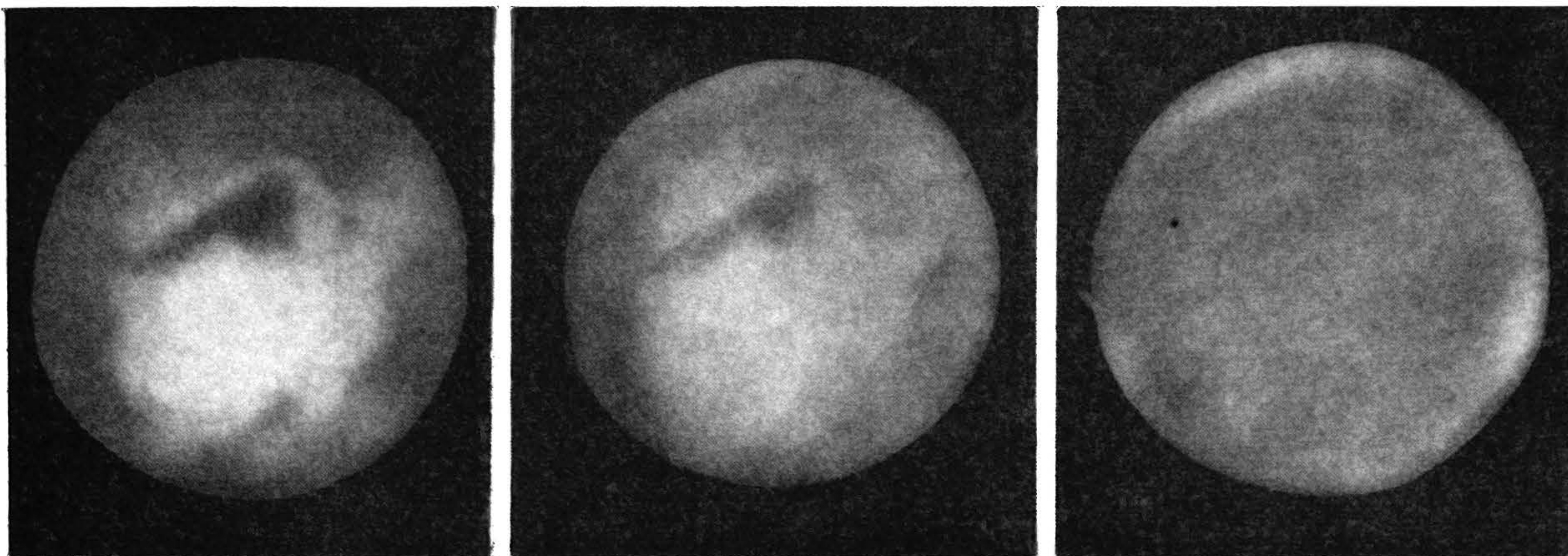
Выдающиеся успехи космической техники значительно углубили наши знания в области физики Луны и планет солнечной системы. ЦК КПСС и Советское правительство постоянно уделяют внимание исследованиям в космосе. Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. предусмотрено продолжение фундаментальных исследований Луны и планет солнечной системы.

Из всех планет солнечной системы наиболее изучены физические характеристики и химический состав атмосфер Марса и Венеры. Это вовсе не означает, что интерес астрономов к таким планетам, как Юпитер или Сатурн, в какой-то степени ослабел и наши знания об их атмосферах в последние годы не пополнились сколько-нибудь существенными сведениями. Напротив, теперь, когда еще не начаты исследования атмосфер планет-гигантов с помощью космических аппаратов, мы стали свидетелями значительного расширения наземных наблюдений этих планет. Марс и Венера — ближайшие соседи Земли — уже исследуются автоматическими станциями. Успешные наблюдения Марса, выполненные космическими аппаратами «Маринер», и прямые измерения параметров венерианской атмосферы автоматическими станциями «Венера» не оставляют никаких сомнений в высокой эффективности новых методов изучения планет.

Многолетние наблюдения Марса дали ученым немало ценных сведений о физических условиях, господствующих на этой планете. Определен в основных чертах химический состав атмосферы, получены более

или менее уверенные данные о величине атмосферного давления и вместе с тем о содержании аэрозолей в атмосфере, выведены основные закономерности поведения наиболее приметных образований поверхности и атмосферы планеты и т. д. Несомненно, что дальнейшему прогрессу ареофизики будут способствовать, прежде всего, разносторонние исследования планеты космическими аппаратами, продолжительное время работающими на ареоцентрической орбите, а затем и с помощью спускаемых аппаратов, предназначенных для измерения параметров атмосферы и характеристик поверхности Марса.

В то же время продолжают сохранять актуальность разносторонние наземные наблюдения Марса, и астрономы всегда тщательно готовятся к новым «встречам» с оранжевым соседом Земли в периоды противостояния планеты. 10 августа 1971 г. произошло очередное великое противостояние Марса, во время которого он приблизился к Земле на минимально возможное расстояние — около 56 млн. км. К сожалению, советские обсерватории, в которых активно ведутся планетные исследования, расположены на довольно высоких широтах северного полушария, так что при большом отрицательном склонении Марса в период его великого противостояния (-20°) условия для оптических наблюдений были весьма неблагоприятными. Поэтому советские астрономы проводили наблюдения на юге страны, где высота Марса над горизонтом достигала в момент кульминации $25-30^\circ$ (Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР, Шемахинская астрофизическая обсерватория АН АзССР, Астро-



Фотографии Марса в красных (слева), зеленых (в центре) и синих лучах

физический институт АН ТаджССР и другие).

Какими же сведениями о физических условиях на Марсе располагают сейчас ученые и какие задачи предполагается решить в ближайшее время?

Химический состав атмосферы. Основной составляющей атмосферы Марса является углекислый газ. Его относительное содержание в атмосфере планеты, по-видимому, значительно превышает 50%. Одним из претендентов на второе место по обилию в марсианской атмосфере до последнего времени оставался азот. Однако с помощью ультрафиолетовых спектрометров, установленных на космических аппаратах «Маринер-6 и -7», было найдено, что относительное содержание азота в атмосфере Марса не превосходит 1%. Другой претендент — аргон, но данными о его содержании в атмосфере планеты мы пока не располагаем. В атмосфере Марса обнаружены также значительные примеси других газов, в частности двуокиси азота.

Вопрос о содержании двуокиси азота имеет большое значение, учитывая высокую способность этого газа поглощать радиацию сине-фиолетовой области спектра. Американский ученый К. Саган показал, что уже 1—2 мм атмосферной двуокиси азота при нормальном давлении до-

статочно, чтобы обеспечить наблюдаемый оранжевый цвет Марса. По ранним оценкам, верхний предел содержания двуокиси азота в атмосфере Марса составляет 20—50 мм, но последние, более строгие данные заставляют уменьшить эту величину по крайней мере на два порядка. Таким образом, оранжевый цвет планеты объясняется не поглощением в атмосфере, а окраской самой поверхности Марса.

Чрезвычайно важно установить, есть ли в атмосфере Марса кислород и озон. Многократные попытки спектроскопического обнаружения кислорода свидетельствовали, что его содержание на три-четыре порядка меньше, чем в земной атмосфере. Первые внеатмосферные измерения отражательной способности Марса в ближнем, но недоступном для наземных наблюдений ультрафиолете не показали каких-либо следов полосы поглощения озона. Оказалось, что альbedo Марса в области спектра 2000—3500 Å изменяется плавно. Правда, самые последние спектральные измерения указывают на депрессию в области 2700 Å в полярных районах Марса, но в целом вопрос об озоне в марсианской атмосфере еще не ясен. По-видимому, содержание озона, как и кислорода, в атмосфере планеты пренебрежимо мало. Но тогда поверхность Марса ничем не защищена от

солнечного излучения в области 1700—3000 Å, а это весьма серьезное препятствие для существования на Марсе каких-либо органических молекул.

Большим достижением является спектроскопическое обнаружение в атмосфере Марса водяного пара. В апреле 1963 г. американские астрономы Х. Спинрад и Л. Каплан, используя 250-сантиметровый рефлектор обсерватории Маунт Вилсон, получили высокодисперсную спектрограмму Марса в области 8200 Å, по которой было оценено содержание водяного пара в атмосфере Марса, эквивалентное примерно 10 мк осажденной воды. В дальнейшем полное влагосодержание марсианской атмосферы было значительно уточнено, и в настоящее время имеются сведения как о суточных, так и о сезонных его вариациях.

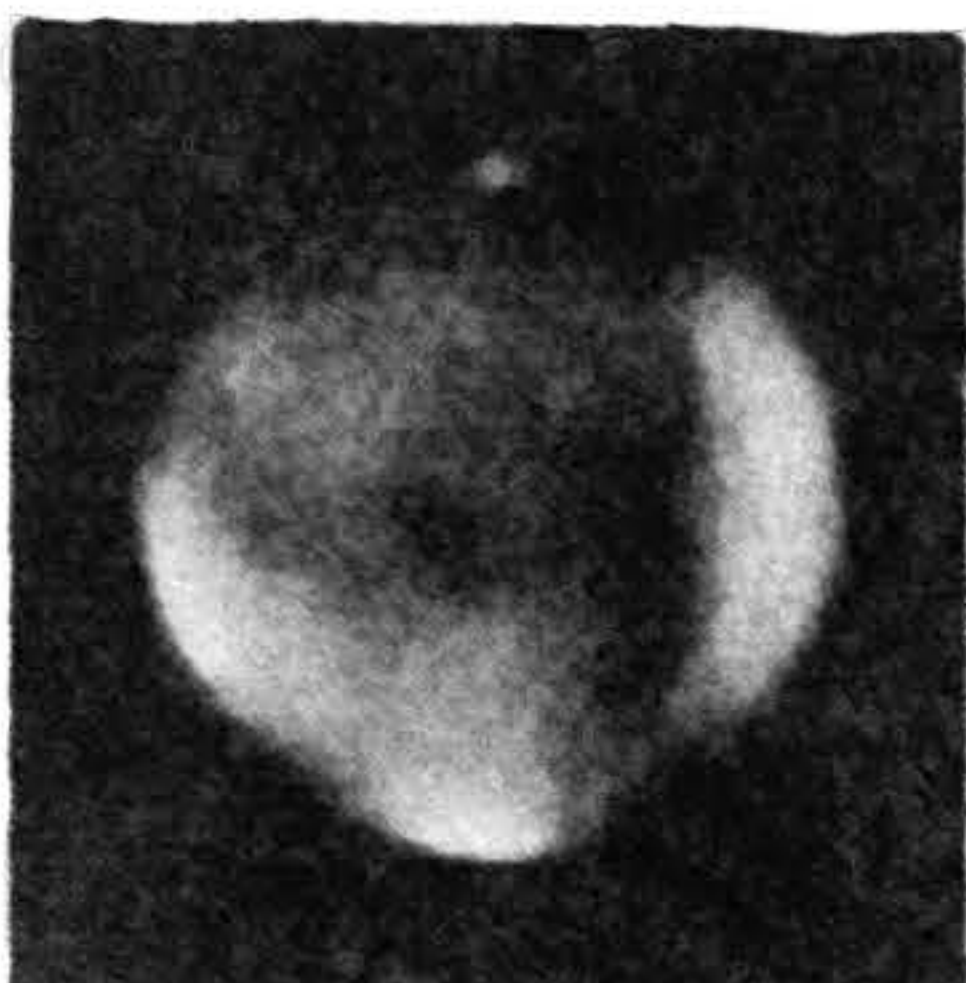
Наши знания о химическом составе атмосферы Марса существенно пополнились в результате чрезвычайно ценных наземных измерений инфракрасного спектра планеты, использования самых современных технических средств для изучения спектров планет в ближней инфракрасной области (до 1 мк) и спектрофотометрических исследований Марса с помощью космических аппаратов. Последним, несомненно, принадлежит будущее, однако и наземные измерения с полным осно-



13 X 1926 г.



4 VII 1937 г.



17 X 1941 г.



7 XI 1958 г.

Синие облака на Марсе. Они видны вблизи лимба диска планеты. Некоторые из них столь же ярки, как полярная шапка. Снимки получены в синих лучах

ванием сохраняют за собой актуальность как единственный до сих пор способ продолжительного контроля за вариациями содержания отдельных газовых компонентов марсианской атмосферы.

Атмосферное давление и аэрозоли. Только в середине 70-х годов стало очевидно, что атмосферное давление на Марсе очень низкое. Если ранние оценки давали 50—80 мм рт. ст., то теперь уверенно показано, что давление у поверхности Марса не превышает 6 мм рт. ст., т. е. на два с лишним порядка меньше, чем на Земле. При таком значении атмосферного давления чисто газовая атмосфера не могла бы дать эффекта дымки — явления, которое могло бы быть зарегистрировано при визуальных или фотометрических наблюдениях даже в фиолетовом участке спектра. Тем не менее такая атмосферная вуаль все же наблюдается, достоверно зарегистрированы светлые образования атмосферного происхождения. Это означает, что в разреженной газовой оболочке Марса плавают мелкие аэрозольные частицы, которые увеличивают оптическую толщину атмосферы и делают атмосферу планеты в целом ощутимой визуально и фотометрически. Природа аэрозольных частиц окончательно не установлена, однако многие данные говорят о том, что здесь мы имеем дело как с пылевыми частицами, поднятыми с марсианской поверхности в атмосферу восходящими потоками, так и с кристаллами двуокиси углерода и льда.

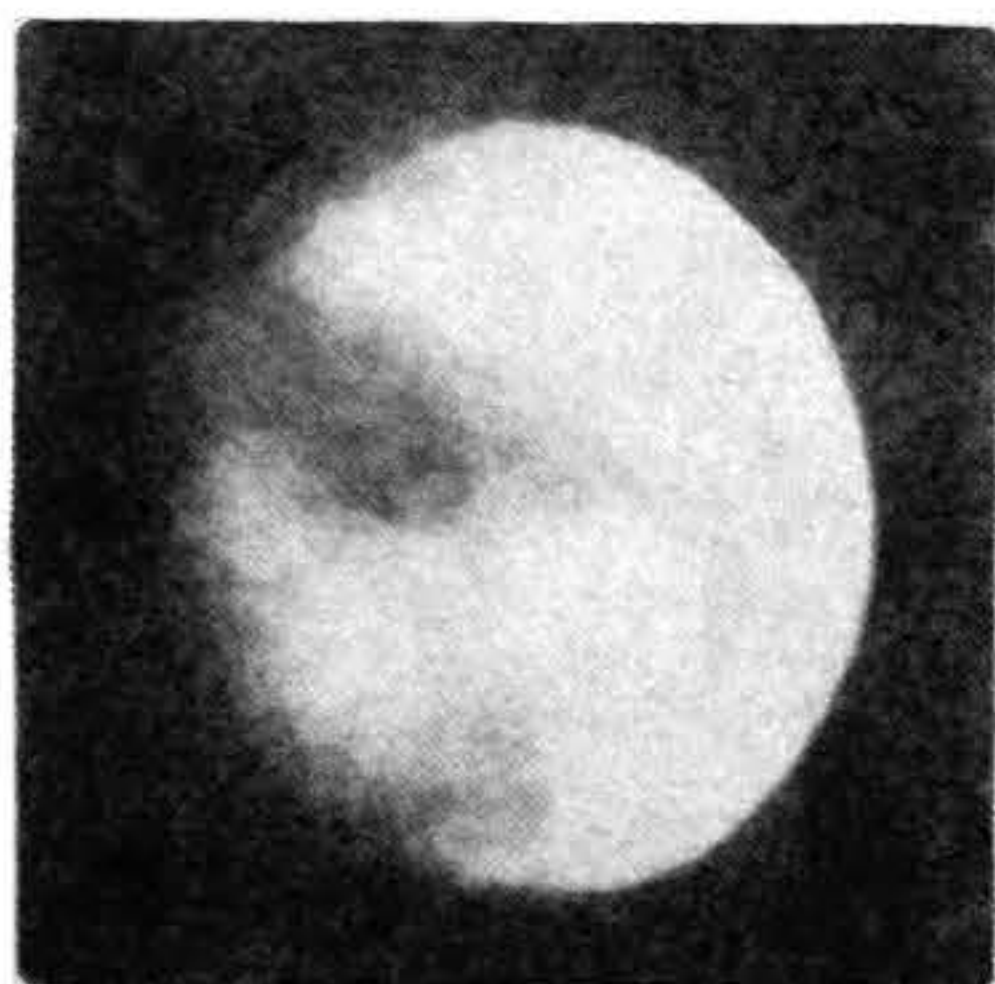
На Марсе различают фиолетовые облака, хорошо видимые в фиоле-

товых лучах и постепенно теряющиеся с увеличением длины волны, и желтые, которые, хотя и сравнительно редко, наблюдаются в длинноволновой области спектра, их интенсивность уменьшается с уменьшением длины волны.

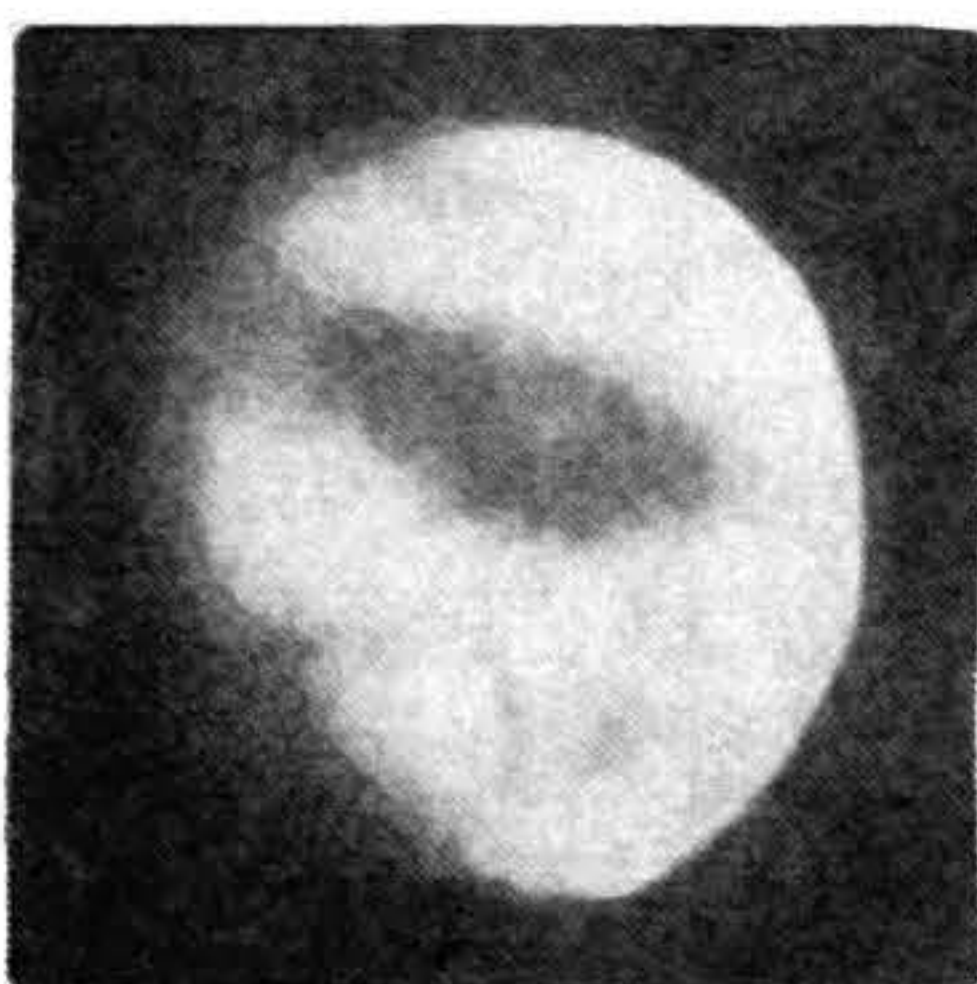
Уже из того, как видны марсианские облака в различных лучах спектра, можно сделать вывод, что фиолетовые облака состоят из мелких, а желтые — из более крупных частиц. По различным оценкам, средний размер частиц в фиолетовом облаке равен 0,1 мк, а их число около 10^{11} см⁻², для желтого облака, — соответственно, 1,5 мк и около 10^7 см⁻².

По данным космических аппаратов «Маринер-6 и -7», в атмосфере Марса фиолетовая дымка почти не ощущается, но аэрозольный слой все же заметен при съемке горизонта. На высоте около 15 км над поверхностью Марса отмечается локальное увеличение яркости атмосферы, что говорит о повышенной плотности аэрозольных частиц на этой высоте.

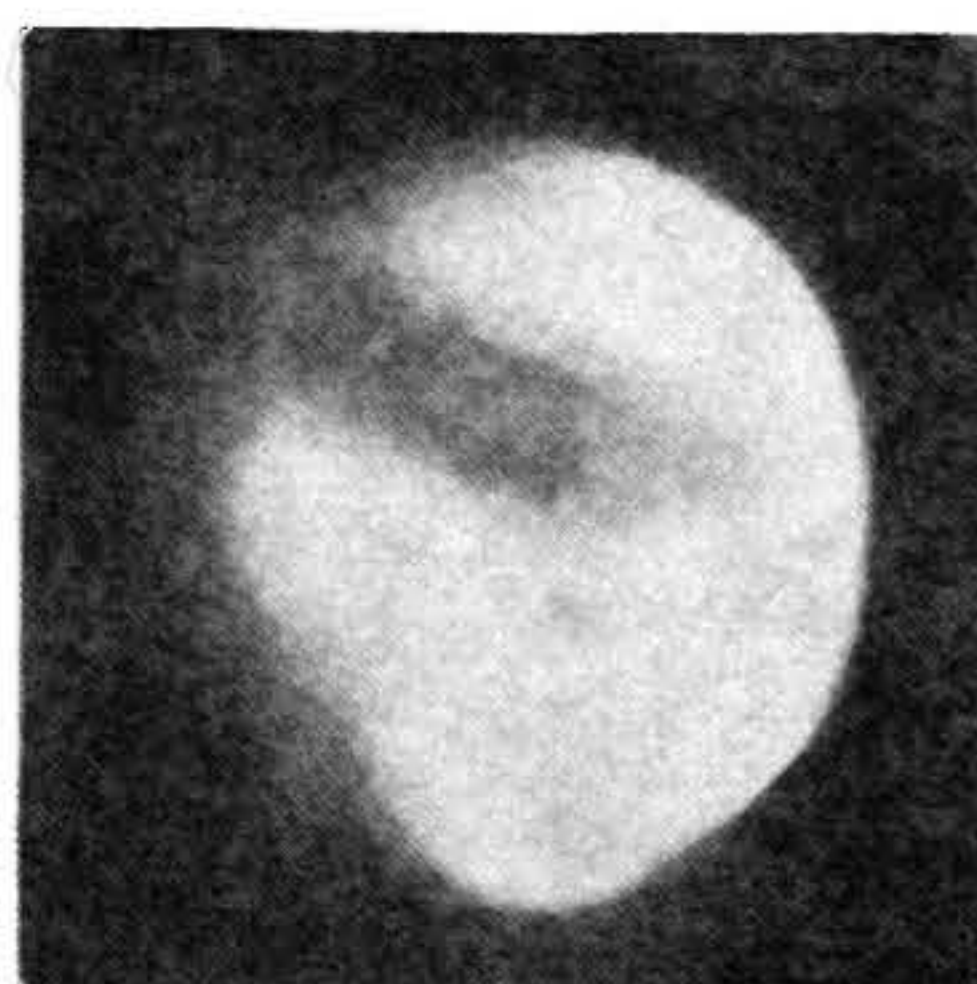
Фиолетовые облака наблюдаются главным образом на утреннем и вечернем краях диска планеты, а их интенсивность и занимаемая площадь на освещенном диске сильно меняются в зависимости от гелиоцентрической долготы Марса. Например, в периоды великих противостояний (лето в южном полушарии Марса) «активность» фиолетовых облаков, как правило, минимальна. В то же время наблюдается повышенная активность «пылевой» составляющей. Поэтому контроль прозрачности атмосферы Марса, а также определение скорости и направ-



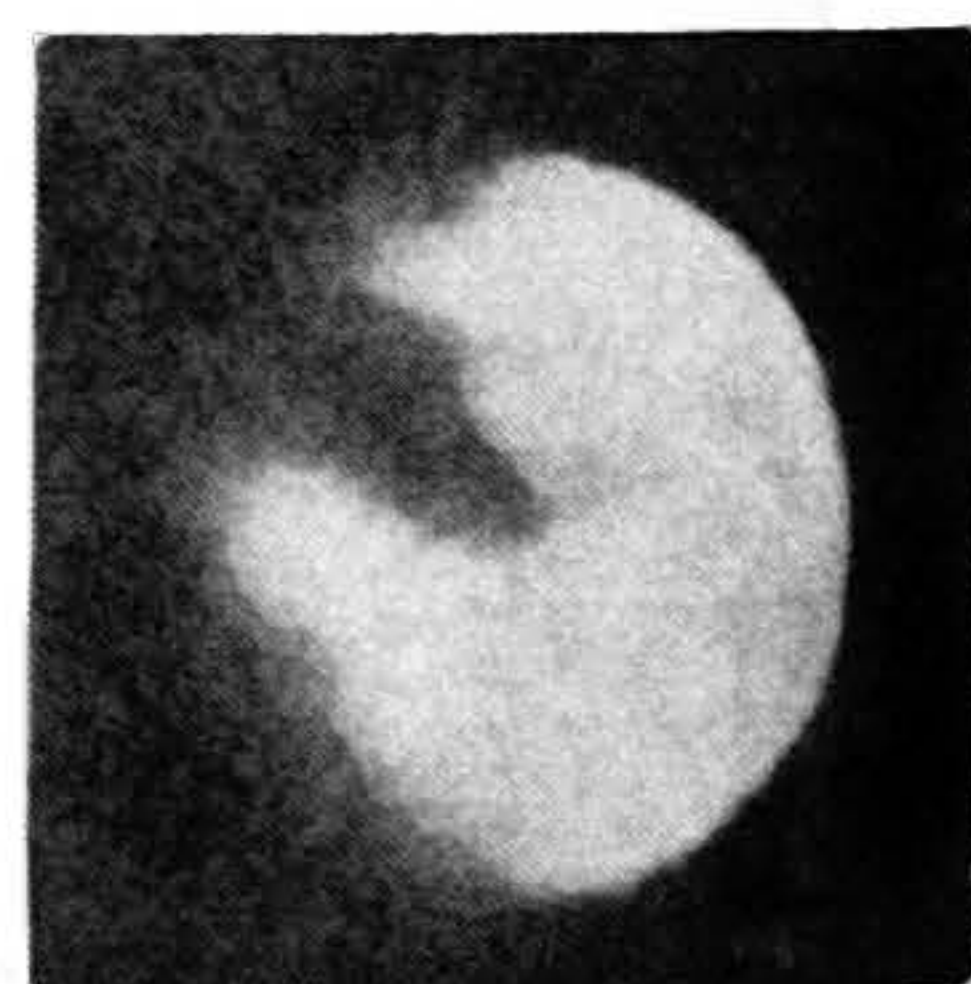
13 X 1958 г.



14 X 1958 г.

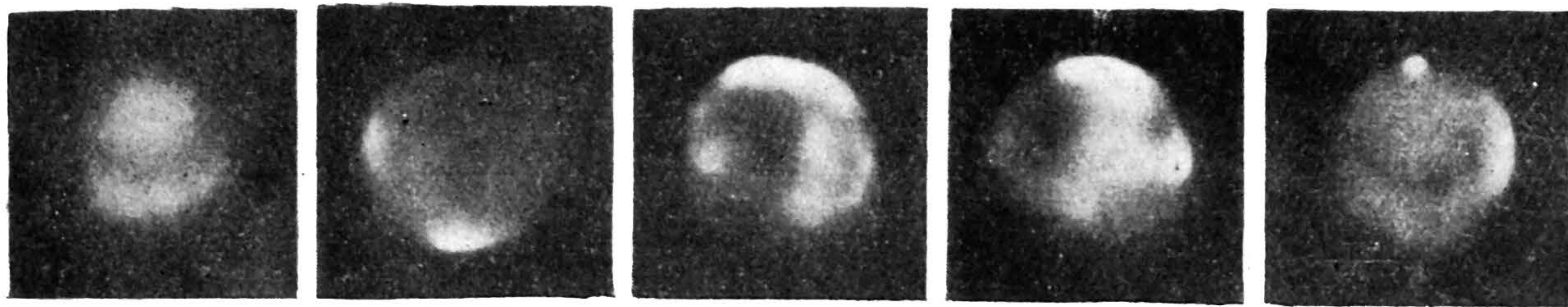


15 X 1958 г.



16 X 1958 г.

Развитие желтого облака на Марсе. Фотографии сделаны в желтых лучах



5 XI 1926г.

29 XII 1928г.

21 V 1937г.

22 V 1937г.

9 X 1941г.

ления перемещения локальных желтых облаков нашли свое отражение в программе исследований Марса в период его великого противостояния в 1971 г.

Реальна ли фиолетовая дымка на Марсе? До изучения Марса с помощью космических аппаратов «Маринер-6 и -7» существование фиолетовой дымки не ставилось под сомнение: наземные фотометрические данные уверенно показывали уменьшение наблюдаемых контрастов «материки — моря» к фиолетовому концу спектра. Если согласиться с тем, что здесь действительно проявляются спектральные особенности самих материков и морей, то тогда нужно поставить под сомнение и реальность так называемых прояснений — неоднократно отмечавшегося наблюдателями резкого увеличения контрастов в фиолетовых лучах. Любопытно, что, по данным «Маринеров», контраст деталей поверхности Марса в синих и красных лучах оказался одинаковым, а наземные наблюдения в этот же период показали обычную картину: в синих лучах контрасты поверхности были на пределе обнаружения и отчетливо видны в красных лучах. Если учесть, что оптическая толщина атмосферы Марса в фиолетовых лучах, по данным наземных наблюдений, не превышает 0,1, то очень трудно объяснить фиолетовые прояснения процессами в марсианской атмосфере, не привлекая дополнительных гипотез. По-видимому, ключ к «расшифровке» наблюдаемых фотометрических особенностей Марса — ход контрастов по спектру и их временные вариации — нужно искать на поверхности, а не в атмосфере планеты. Тем не менее эта проблема требует сбора

Фотографии Марса, полученные через синий фильтр в моменты синего прояснения. Обычно в синей области спектра темные детали на диске планеты почти неразличимы. Лишь во время прояснений контраст в синих лучах становится заметным

новых наблюдательных фактов. В частности, астрономам предстоит со всей тщательностью заново проанализировать полученные в текущем году фотометрические данные о контрастах на Марсе.

Поверхность. После того как космический корабль «Маринер-4» в 1965 г. передал на Землю снимки поверхности Марса, полученные с близких расстояний, стало очевидным, что поверхность этой планеты, как и поверхность Луны, покрыта многочисленными кратерами.

Радиолокационные исследования, наземные измерения интенсивности инфракрасных полос углекислого газа, а также измерения с помощью инфракрасного спектрометра, установленного на космических аппаратах «Маринер-6 и -7», показали, что перепад высот на Марсе, относящийся к участкам поверхности поперечником в десятки и сотни километров, составляет 10 км и более. Особенно интересна в этом смысле круглая область Hellas (Эллада), которая имеет диаметр около 1600 км. Оказалось, что дно этой гигантской чаши примерно на 3 км ниже окружающей местности.

Область Hellas расположена примерно на 40-й параллели южного полушария и относится к числу наиболее светлых образований марсианской поверхности. Эта пустынная впадина, лишенная кратеров, особен-

но привлекает к себе внимание астрономов. Не исключено, что дальнейшие фотометрические и поляризационные исследования выявят отличие микрорельефа Hellas от окружающих областей.

Теперь, по-видимому, не остается сомнений, что перепад высот на Марсе достигает, как и на Земле, 10 км и более. Точные топографические карты Марса с высоким разрешением — дело будущих космических экспериментов, но соответствующие наземные наблюдения также очень важны. Особого внимания заслуживают спектрофотометрические наблюдения в инфракрасной области спектра с целью определения по полосам углекислого газа перепада высот в южном полушарии Марса, где расположена цепь марсианских морей. Эти наблюдения возможны лишь на самых крупных инструментах.

Остановимся на вопросах, связанных с изучением природы марсианской поверхности и определением некоторых свойств вещества поверхностного слоя. Фотоэлектрические наблюдения, выполненные в 1967 г. сотрудниками Главной астрономической обсерватории АН УССР, показали, что блеск Марса, особенно в коротковолновой области спектра, испытывает резкий подъем к нулевой фазе. Оказывается, поверхность Марса по микрорельефу ненамного

отличается от поверхности Луны, но все же менее шероховата.

Спектрофотометрические и поляризационные измерения свидетельствуют в пользу лимонитовой природы поверхностного слоя Марса. Главная астрономическая обсерватория АН УССР провела фотометрические измерения искусственной планеты с лимонитовым покрытием и размером деталей микрорельефа около 150 мк. Эти измерения показали, что поверхность искусственной планеты по различным фотометрическим характеристикам неплохо имитирует поверхность Марса.

Однако следует учитывать, что оптические данные относятся лишь к самому верхнему слою планеты, поэтому на основе фотометрических и поляризационных исследований можно говорить только о том, что вещество поверхностного слоя Марса, по-видимому, пигментировано лимонитом. Сведений же о природе всего поверхностного слоя Марса такие наблюдения дать не могут. На помощь приходят радиоастрономические наблюдения, которые позволя-

ют вывести заключение о физических свойствах вещества в некоторой толще поверхностного слоя планеты. Согласно радиоастрономическим исследованиям, выполненным членом-корреспондентом АН СССР В. С. Троицким с сотрудниками, лимонит может лишь окрашивать фрагменты силикатных пород, входящих в состав поверхностного слоя Марса. Плотность верхнего покрова планеты, в соответствии с этими измерениями, составляет 0,8—1,5 г/см³, что дает значение пористости марсианского грунта 50—60%. Эти данные хорошо согласуются с результатами фотометрических исследований микрорельефа марсианской поверхности.

Большую ценность представляют результаты радиометрических наблюдений Марса, проведенных космическими аппаратами «Маринер-6 и -7». Эти наблюдения показали, что температура поверхности планеты, снижаясь от экватора к полюсам, испытывает резкий скачок на границе полярных шапок и достигает в полярных областях значений 140—150° К.

При низком атмосферном давлении (около 4 мм рт. ст.) и измеренных значениях температуры (менее 150° К) углекислый газ должен замерзать. Таким образом, получены веские аргументы в пользу того, что полярные шапки Марса состоят из замерзшей углекислоты, а не из обычного снега. Есть также указания, что толщина замерзшей углекислоты в полярных областях достигает нескольких метров. Но вблизи марсианских полюсов должно вымораживаться и значительное количество водяного пара, что может привести к образованию мощных ледников.

Таким образом, выполненные до настоящего времени разносторонние исследования дали ответ на многие вопросы, касающиеся физических условий на Марсе. В то же время с еще большей остротой перед учеными стали новые задачи, решение которых требует новых сложных экспериментов. Многие из этих задач будут успешно решены в ближайшее время, причем первостепенная роль будет принадлежать космическим аппаратам.



КАКОЙ БЫЛА ПЛОТНОСТЬ АТМОСФЕРЫ МАРСА

Группа французских ученых во главе с известным астрономом О. Дольфюсом изучала марсианские кратеры по фотографиям, переданным космическими зондами «Маринер-6 и -7». Результаты этих исследований опубликованы в «Докладах Академии наук Франции».

На каждой фотографии подсчитывалось, сколько кратеров определенного диаметра находится на площади 1000 км². Была построена кривая распределения кратеров по диаметрам, которая хорошо согласуется с данными, полученными космическим зондом «Маринер-4».

По внешнему виду марсианские кратеры можно разделить на три группы: кратеры диаметром больше 30 км, диаметром от 30 до 5 км и диаметром менее 5 км. Крупные кратеры в основном лишены выступов и имеют плоское дно. По-видимому, они подвергались интенсив-

ной эрозии. Маленькие кратеры, напротив, обладают четко выраженными краями и дном в виде полушферы. Они, вероятно, относятся к более молодым образованиям.

Чтобы объяснить разнообразие внешнего вида и распределение кратеров по диаметрам, были предложены три гипотезы.

Одна из них пыталась интерпретировать полученные данные исходя из распределения масс и скоростей астероидов, при столкновении с которыми образовались марсианские кратеры, а также из хронологической последовательности их падения на планету. Однако наблюдаемые факты не согласуются с этой гипотезой.

Другую гипотезу, основанную на том, что скорость процессов эрозии марсианского рельефа всегда была постоянной, также пришлось отбросить. Трудно объяснить, каким об-

разом слабая марсианская атмосфера (только 6 мбар у поверхности) могла вызвать эрозионные процессы, необходимые для полного исчезновения старых кратеров небольшого диаметра (ведь на фотографиях кратеры диаметром до 5 км не разрушены, а следовательно, сравнительно молоды) и очень сильного разрушения кратеров диаметром свыше 30 км. Нельзя связывать исчезновение кратеров с действием марсианских ветров, засыпающих детали рельефа пылью.

Третья гипотеза предполагает существование векового изменения процессов эрозии. В далеком прошлом атмосфера Марса была намного плотнее, эрозия активно разрушала тогда крупные образования и совершенно уничтожила мелкие. В дальнейшем потеря первоначальной атмосферы должна была привести к значительному снижению интенсивности процессов эрозии. В результате новых столкновений планеты с небесными телами возникали кратеры, которые практически не испытывали изменений.

«Comptes Rendus. Académie des Sciences, Paris», 270 (9 février), Série B, 1970.

В. Л. МАСАЙТИС
доктор геолого-минералогических
наук

По следам космической катастрофы

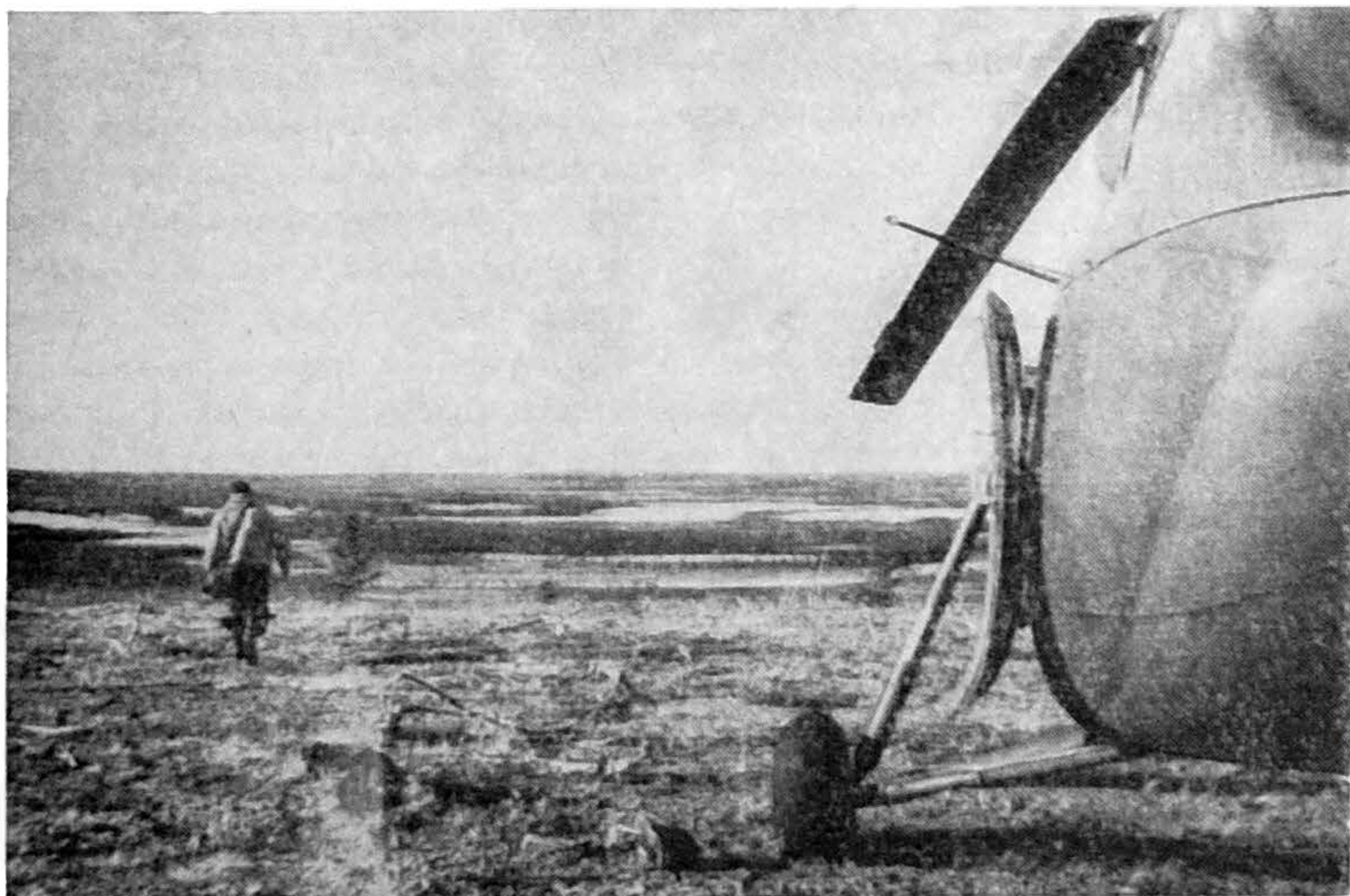
Память о катастрофических природных явлениях — мощных ураганах, землетрясениях, извержениях вулканов — хранит не только то поколение, при жизни которого происходили стихийные бедствия. Предания и письма доносят свидетельства об этих событиях через сотни и тысячи лет. Грандиозная катастрофа на земной поверхности, о которой идет речь в публикуемой статье, запечатлена лишь в каменной летописи, расшифрованной геологами летом 1970 г.

ЗАГАДКИ ПОПИГАЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ

На севере Сибирской платформы, в бассейне реки Хатанги уже в течение нескольких десятилетий известна обширная низменная котлови-

на округлой формы. Река Попигай с притоками, многочисленные мелкие реки и ручьи прорезают котловину. Днище котловины диаметром 75 км почти везде покрыто ледниковыми и речными наносами и лежит ниже окружающих водоразделов на 200—400 м. Лишь местами, главным образом в северо-западной части котловины, где поднимаются невысокие холмы, на склонах и в подмывах рек обнажаются различные породы.

Последние 20 лет у геологов, изучавших котловину, бытовали различные точки зрения на возраст и условия ее образования. Одна из наиболее распространенных гипотез — представление о «провальном» характере котловины. Согласно этой гипотезе, в меловой период, т. е. около 100 млн. лет назад, здесь произошло оседание или обрушение. Обрушение сопровождалось образованием вулканов, многократными выбросами туфов и излияниями лав. Представление о «провальном» характере котловины обосновывали, в частности, тем, что по ее окраинам выступают древние породы фундамента Сибирской платформы — архейские гнейсы. Но такая трактовка природы котловины и заполняющих ее



Восточный сектор Попигайской котловины с бесчисленными озерами и болотами. Вертолет приземлился на каменной пологой гряде, которая возвышается над плоским днищем котловины



Небольшая река в северо-западном секторе котловины прокладывает свое русло между холмами, сложенными переплавленными, раздробленными и смятыми породами — свидетелями космической катастрофы

пород не была свободна от противоречий. Дело в том, что архейский фундамент, обнаруженный внутри котловины, при обрушении дна должен был залегать на большей глубине. Вызывал недоумение и необычный характер вулканических пород: они состоят из стекловатой нераскристаллизованной массы и насыщены включениями гнейсов. Химический состав этих пород отличается от типичных для платформы базальтов. Неясно также, каким образом в условиях тектонически спокойной Сибирской платформы могла возникнуть вулкано-тектоническая кальдера с богатыми кремнекислотой вулканическими породами (65%).

Все эти противоречия порождали различные гипотезы и ждали решения.

Летом 1970 г. экспедиция Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (В. Л. Масайтис, М. В. Михайлов, Т. В. Селивановская) провела полевые исследования

в Попигайской котловине. В результате этих исследований, а также анализа имевшихся ранее геологических материалов удалось показать, что Попигайская котловина, — скорее всего, след гигантской космической катастрофы...

ВСТРЕЧА В КОСМОСЕ

Как известно, столкновение Земли с метеоритами, имеющими в поперечнике метры, — исключительно редкое событие. Падение же крупных тел, достигающих многих десятков метров и движущихся со средней скоростью 15—20 км/сек, вряд ли происходит чаще, чем раз в несколько десятков или сотен тысяч лет.

На земной поверхности вода и ветер сравнительно быстро стирают следы ударов метеоритов, кратеры и воронки заносятся. И только тщательное геологическое изучение позволяет найти признаки, по которым можно безошибочно установить, что

именно здесь когда-то произошла космическая катастрофа. В ископаемом кратере очень редко можно найти обломки метеорита, однако, почти во всех случаях удается обнаружить породы, испытавшие удар гигантской силы, дробление, а иногда и плавление.

Крупные метеоритные кратеры, имеющие в поперечнике более 100 м, обычно рассматривают как взрывные, поскольку кратеры меньшего размера возникают при падении метеоритов, летящих с относительно малой скоростью, и являются ударными. Взрывные же кратеры создаются довольно быстро летящими метеоритами. Взрыв происходит в результате перехода кинетической энергии в тепловую и испарения метеоритного тела на небольшой от поверхности глубине при его торможении. Много древних метеоритных кратеров обнаружено во всех частях света, причем с каждым годом список таких достоверно установленных объектов увеличивается.

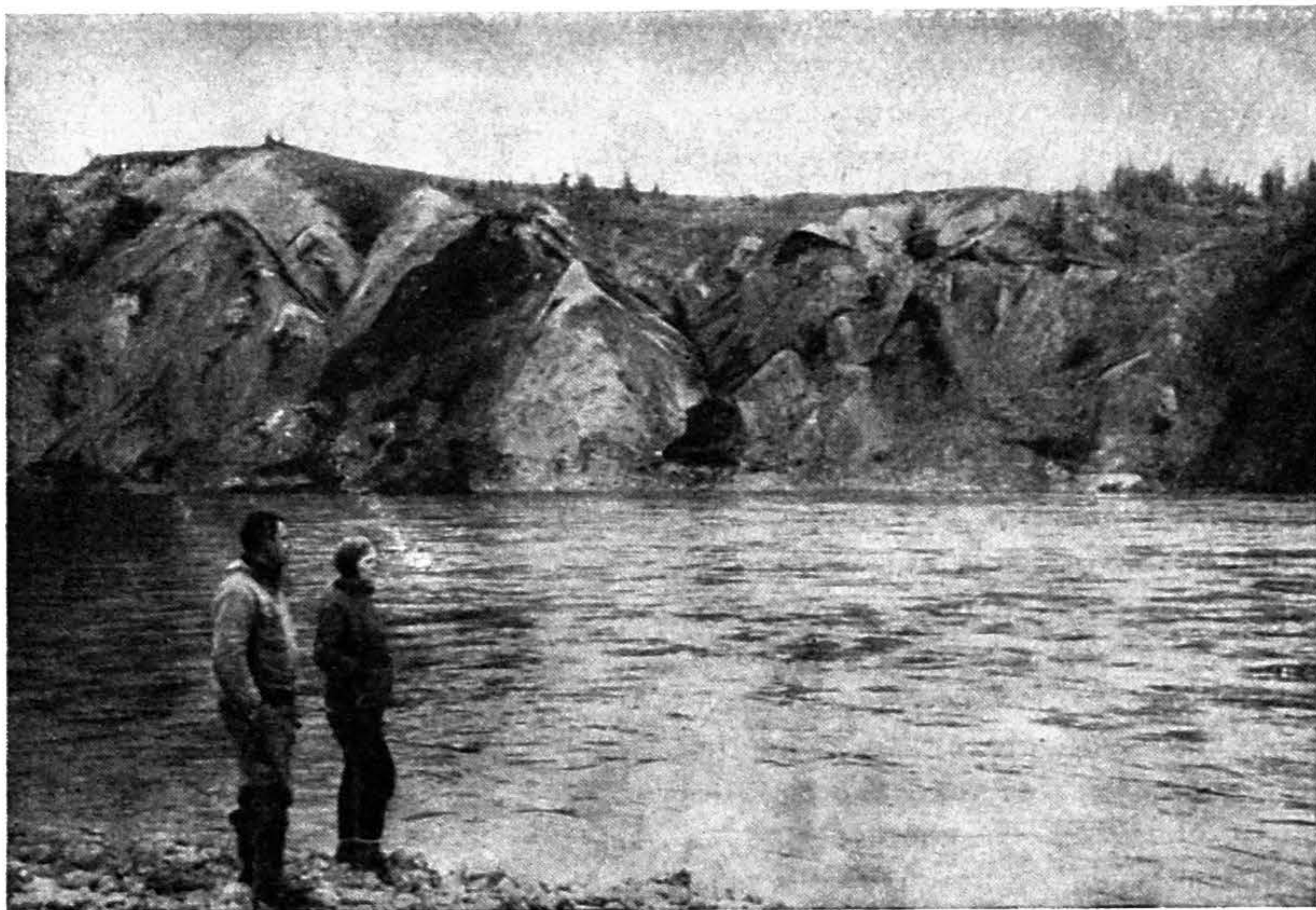
На территории Советского Союза до последнего времени не было обнаружено крупных взрывных метеоритных кратеров. Тунгусская катаст-

рофа, несомненно, хорошо известная читателям, не вызвала каких-либо геологических возмущений на земной поверхности: взрыв космического тела произошел на высоте 5—10 км. Высказывались предположения о том, что участок Пучеж-Катунских дислокаций в Горьковской области можно считать взрывным кратером, диаметр которого приближается к 100 км. Такая точка зрения на возникновение Пучеж-Катунских дислокаций представляется весьма вероятной. Не исключено, что древними взрывными кратерами могут оказаться Болтышская и Ротмистровская впадины на Украине и Карская впадина на Югорском полуострове, где наблюдаются округлые понижения, различные брекчии и лавоподобные породы. Все эти объекты нуждаются в обосновании предполагаемого метеоритного происхождения.

ТРИДЦАТЬ МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД

Попробуем восстановить особенности космической катастрофы, произошедшей на севере Сибири около 30 млн. лет назад. Такая датировка основана как на радиологических определениях возраста пород, переплавленных в момент столкновения, так и на геологических определениях возраста пород, испытавших дробление при ударе и взрыве. Оказалось, что породы, содержащие остатки ископаемой флоры и фауны мелового периода, не образуют пластов в пределах котловины, а представляют собой крупные обломки и глыбы в гигантской взрывной брекчии — она называется «аллогенной» или чуждой*. Это означает, что взрыв произошел значительно позже, чем были захоронены в пластах пород эти окаменелости. В аллогенной брекчии помимо меловых заключены огромные — до нескольких десятков метров в поперечнике — глыбы различного возраста, среди которых значительную часть составляют древнейшие породы фундамента.

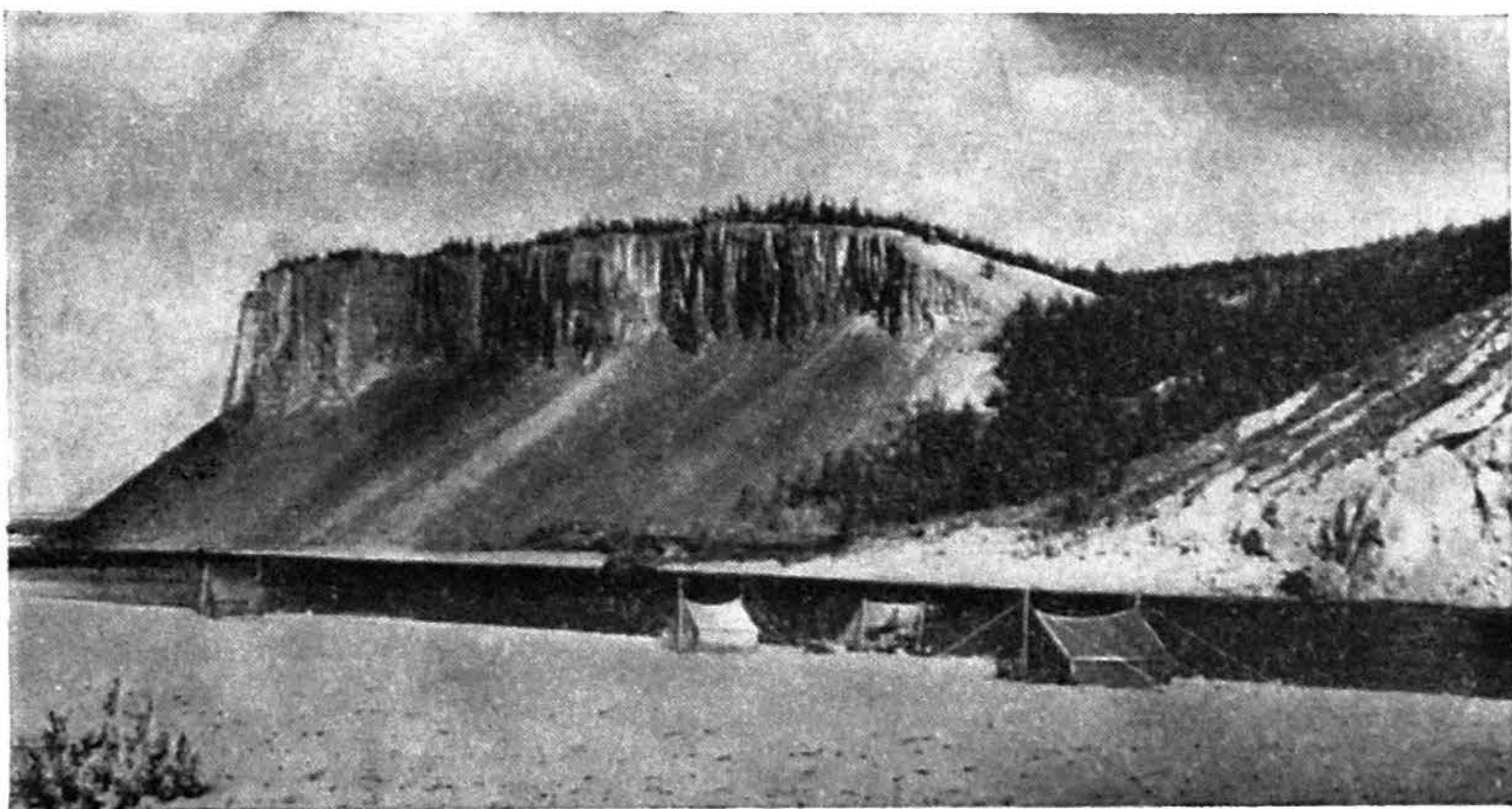
* Е. Л. Кринов. Новое о метеоритных кратерах. «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г.



Воды притока Попигая подмывают нагромождения гигантских обломков и глыб различных пород, выброшенных при чудовищном взрыве

Так как мощность осадочного покрова за пределами кратера 1,2 км, можно представить, что космическое тело с большой скоростью пробilo этот покров и затормозилось в фундаменте платформы, где и произошло мгновенное испарение слагавшего его вещества, т. е. взрыв. Глыбы и обломки пород не только выстилают

значительную часть воронки, но и обнаружены за ее пределами — в 40 и более километрах. Эти выброшенные из кратера обломки гнейсов принимались ранее за выступы фундамента среди более молодых отложений. Осадочные породы по периферии кратера в той или иной степени смяты, раздроблены, причем степень



Отвесные скалы импактитов — пород, переплавленных при взрыве и насыщенных обломками гнейсов

их нарушенности убывает с удалением от края воронки. Интересной особенностью структуры кратера оказалась кольцевая зона центробежных надвигов, где породы различного возраста в виде крупных пластин и чешуй как бы сдвинуты от краев воронки. При взрыве часть горных пород была раздроблена и выброшена вверх и в стороны (аллогенная брекчия), часть — сдвинута радиально от эпицентра (надвиги).

Аллогенная брекчия сцементирована сравнительно рыхлым песчано-глинистым материалом, однако, в ней местами появляется множество мелких обломочков стекла, и тогда цементирующая масса уплотняется. Участки именно такого состава ранее принимались за вулканические туфы. В аллогенной брекчии всегда можно обнаружить гнейсы, кварциты и другие породы, испытавшие интенсивное ударное воздействие. Миллионы мельчайших трещин, пронизывающих эти породы, дают снежно-белую окраску. Местами породы истерты в муку, и поэтому их иногда рассматривали как продукты выветривания.

Микроскопические исследования показывают, что в минералах, испытавших ударное воздействие, развиваются особые плоскостные системы трещин — планарные структуры. Судя по данным экспериментов, такие структуры возникают при ударных давлениях свыше 100 кбар. Полевой шпат в гнейсах местами превращен в изотропный материал — маскелит. Встречается он в некоторых типах метеоритов и служит признаком ударных процессов. В лабораториях маскелит получается из полевого шпата при ударных давлениях свыше 250 кбар. Другие минералы в этих измененных породах также подвергаются различным преобразованиям, подчас превращаясь в стекло. Все это — своеобразные «визитные карточки» взрыва большой энергии, при котором максимальное давление значительно превосходило давления, характерные для вулканических взрывов.

Многие исследователи считают, что воздействием ударной волны обусловлены и конусы разрушения, которые также обнаружены среди иссле-

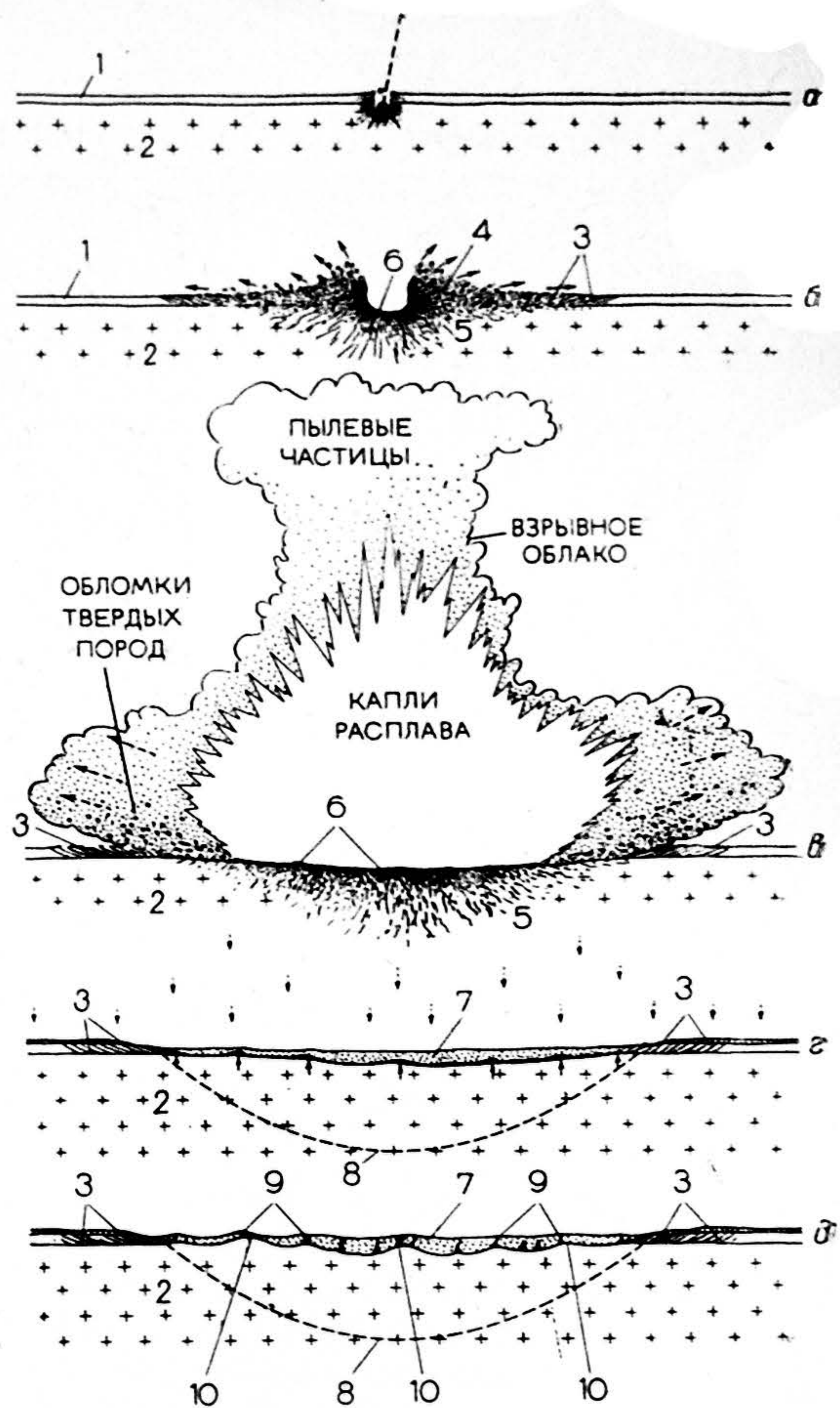


Схема образования Попигайского метеоритного кратера и его предполагаемая глубинная структура. Столкновение метеорита с поверхностью Земли и торможение (а); испарение метеорита и плавление окружающих пород (б); разогрев газов, выброс раздробленных и частично расплавленных пород (в); падение материалов выброса в кратер и за его пределы (г); подъем основания кратера и выдавливание части расплава к поверхности (д). Условные обозначения: 1 — осадочные породы протерозоя, палеозоя, кембрия, перми; 2 — архейские гнейсы фундамента; 3 — надвиги; 4 — раздробленные породы в начальной стадии выброса; 5 — трещины в гнейсах; 6 — расплавленные породы; 7 — аллогенная брекчия и зювиты; 8 — предполагаемая граница зоны трещиноватых пород фундамента; 9 — выжатый к поверхности расплав, образовавший тела массивных импактитов; 10 — поднятия основания кратера. (Вертикальный и горизонтальный масштабы на схемах примерно одинаковы)

дованных пород. Свидетельством катастрофического процесса являются также массы переплавленных при взрыве пород — импактитов. Могут быть выделены две их разновидности — импактиты, состоящие из мелких обломков и кусков стекла, и массивные импактиты — более или менее однородные стекловидные породы. Расплав, возникший при взрыве в основании кратера как линза, частично был распылен. Падая, капли этого расплава образовали толщу, ныне состоящую из спекшихся кусочков силикатного стекла с примесью раздробленных и оплавленных обломков минералов и пород гнейсового основания. На многих импактитах, напоминающих по форме лепешки, можно увидеть следы застывших струй и борозд. Это воздух разрисовал стекло, когда оно было в полужидком состоянии и падало с огромной скоростью. Такие импактиты известны в метеоритном кратере Нордлингер Рис в Западной Германии, где их называют зювитами.

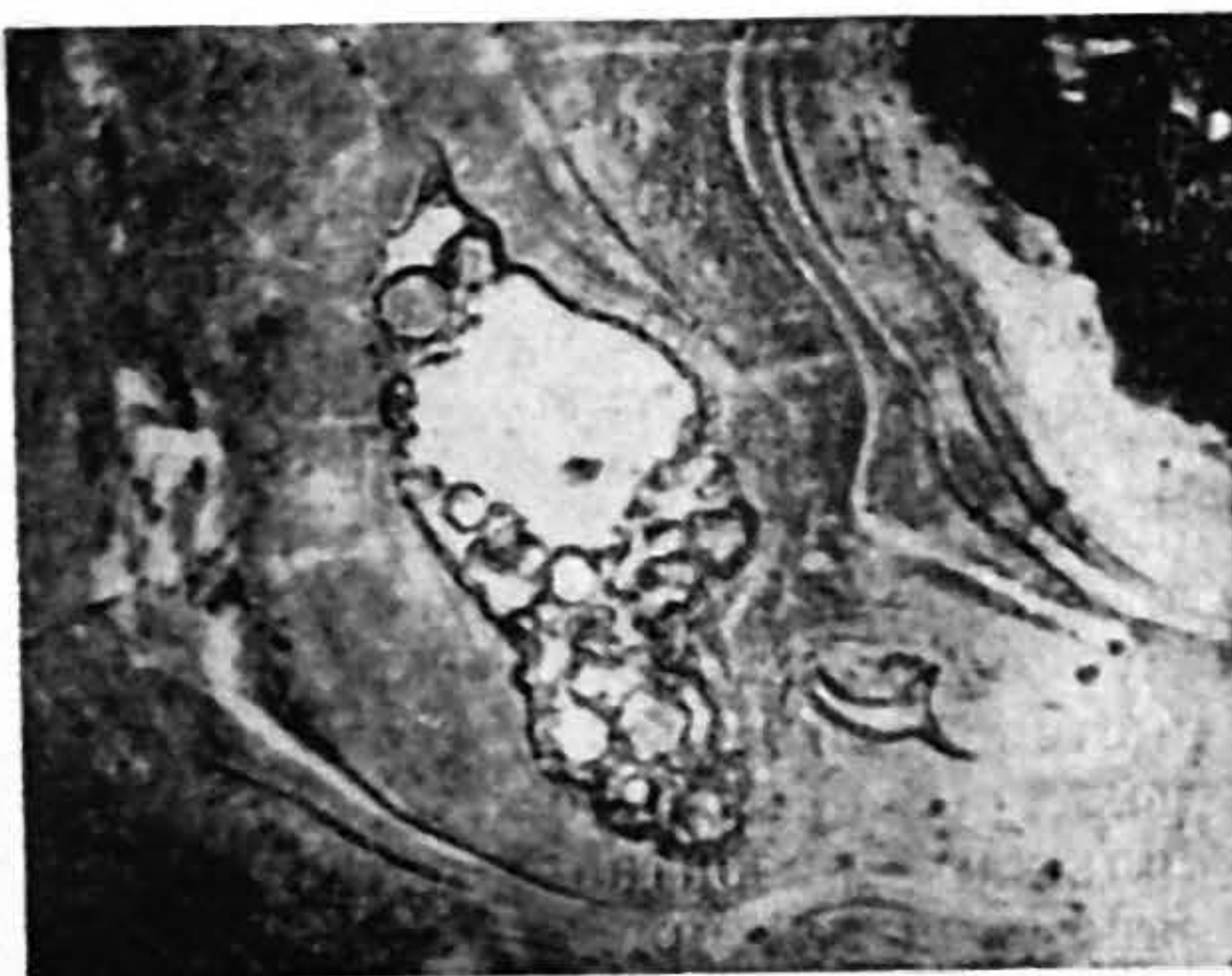
Вторая разновидность импактитов — это массивные однородные породы, состоящие из стекловидной или слабо раскристаллизованной, иногда пузырчатой массы. В них также обильны включения гнейсов, обладающих признаками ударного воздействия. Температура импактитового расплава доходила до 1700° (температура плавления кварца) и значительно превышала возможные температуры магматических расплавов, содержащих такое же количество кремнекислоты. Массивные импактиты возникли при медленном застывании расплава, перемещении его по трещинам в толщу брекчий и зювитов, заполнившую кратер, и, кроме того, при выдавливании расплава на поверхность. Подъем вязкого расплава был вызван, вероятно, высоким давлением растворенных газов, а также выпучиванием отдельных участков этого основания. По существующим представлениям, такие выпучивания или поднятия образуются в результате упругой отдачи после взрыва. Эти поднятия (в плане) имеют то кольцевую или полукольцевую форму, то форму центральной горки. Кольцевое поднятие известно в метеоритном кратере



Полевой шпат в гнейсе (видны полоски) превращается под действием ударной волны в изотропный материал — маскелинит (показан стрелками). Микрофотография шлифа породы

Западный Клируотер (Канада). Есть полукольцевое поднятие и на территории Попигайской котловины: в северо-западном секторе поднимаются пологие холмы, усыпанные щебенкой, — это вспученное и раздробленное гнейсовое основание, пронизанное импактитовыми жилами.

Чрезвычайно интересно, что во многих местах под покровом массивных импактитов прослеживается полуметровый слой черного песка и пы-



Струйчатое стекло, возникшее при ударном плавлении. Отдельные полосы и струи в стекле имеют разный состав. В центре — участок пузырчатого лешательерита — плавленого кварца. Микрофотография шлифа породы

ли, состоящий из мелких обломков пород и минералов, различных спеков, кусочков и шариков стекла. Этот слой можно рассматривать как результат выпадения легкого мелкого материала из взрывного облака, поднявшегося на многие десятки километров. Черный песок по некоторым особенностям своего образования и структуре, вероятно, близок к лунному реголиту.

Так как физико-механические свойства верхних слоев горных пород в месте взрыва были на разной глубине различными, можно полагать, что возникший кратер образован как бы двумя вложенными воронками разного диаметра. Внутренняя воронка, выработанная взрывом в плотных породах архейского фундамента, имеет диаметр около 75 км, что отвечает, примерно, диаметру дна котловины. Внешняя воронка, которая была выработана взрывом в менее плотных породах осадочной покрывки, имеет диаметр около 100 км. Внутренняя воронка целиком заполнена аллогенной брекчией и импактитами, во внешней воронке они развиты локально. Интересно, что таким же «двуслойным» строением обладает и кратер Нордлингер Рис, находящийся среди осадочных пород, горизонтально залегающих на кристаллическом фундаменте. Такие особенности глубинного строения, вероятно, характерны для больших кратеров, возникающих в двуслойной или многослойной мишени, что подтверждается и некоторыми опытами на моделях.

Можно также полагать, что мощность раздробленного материала, упавшего после взрыва в кратер, составляет около 2,5—3 км, а максимальная мощность линзы трещиноватых пород под основанием кратера — около 18—20 км.

Мы рассказали о структуре и составе пород Попигайской котловины, которые по своему происхождению принципиально отличны от осадочных, магматических и других геологических формаций. Некоторые структуры и минеральные новообразования

в породах, подвергшихся ударному воздействию, вероятно, близки отдельным разновидностям лунных пород. И поэтому земные кратерные образования могут сравниваться с породами лунных кратеров.

По-видимому, не лишены оснований предположения о том, что своеобразные стеклянные тела — текти-

ты, испытавшие кратковременное переплавление, представляют собой выбросы из крупных кратеров. Изучая импактиты и сопоставляя их с текти-тами, можно, вероятно, решить проблему происхождения последних.

Попигайская котловина может быть эталоном больших взрывных кратеров, поскольку здесь очевидны раз-

личные нарушения в залегании пород и их преобразования, причем все они хорошо сохранились. Попигайский кратер ждет своих исследователей для разгадки события, которому минуло 30 млн. лет. Несомненно, что поиски следов космических катастроф могут быть успешными и в других районах страны.



НОВОЕ О ПРИРОДЕ МОХО

Какова природа границы Мохоровичича?

Меняется при переходе к мантии химический состав вещества или происходят его фазовые превращения? А может быть, и то, и другое, в разной мере и разных районах?

Необычный подход к этой проблеме (еще один!) предложил чешский геофизик Владислав Бабушка. Он считает раздел М границей между средами с разным типом анизотропии. Чем глубже в Землю, тем больше вертикальное давление вышележащей толщи по сравнению с давлением боковым. В лаборатории поставили опыт: образец оливина, в котором скорость распространения продольных волн была 8,58 км/сек, подвергли одностороннему сжатию. Образец приобрел новые свойства: в направлении давления скорость уменьшилась до 7,73 км/сек, в перпендикулярном — возросла до 9,87 км/сек (интересно, что при сейсмическом эксперименте наблюдаются скачки скорости на границе М величиной лишь 0,2—1,4 км/сек).

На некоторой глубине в Земле достигается определенная разность вертикального и горизонтального давлений, при которой кристаллы пород, слагающих мантию, приобретают насильственную, преимущественную ориентацию, и скорость пробега сейсмических волн вдоль слоя оказывается существенно больше, чем поперек. Такой же эффект возникает и в том случае, если не очень большая разность давлений сохраняется достаточно долго. Образуется специфически анизотропная (поперечно изотропная) среда с вертикальной осью симметрии. Эта среда характеризуется

пятью независимыми упругими параметрами, в отличие от двадцати одного в произвольно анизотропной и всего двух — в изотропной среде.

Итак, границу М можно трактовать как раздел в веществе с разными типами анизотропии: кора изотропна или анизотропна, но иначе, чем мантия, где единственная ось симметрии вертикальна. Согласно новой гипотезе, переход к мантии происходит в некоторой зоне. Состав минералов в породах этой зоны разнообразен, и каждому присущ свой порог разности давлений, необходимый для начала перекристаллизации. Что касается плотности и химического состава вещества, то при переходе от коры к мантии они могут изменяться мало. Понятно, что глубина границы М зависит от минералогического состава вещества, давления и температуры, а также от продолжительности и стабильности напряженного состояния.

Новая идея как будто бы не противоречит известным закономерностям. В тектонически пассивных платформенных областях континентов поле напряжений стабильно, глубина залегания границы М меняется мало. Иная картина в молодых районах. Здесь наблюдается сильное горизонтальное давление, и сила тяжести превосходит его только на больших глубинах — это хорошо известные «корни гор». К таким районам приурочены относительно низкие скорости в мантии, и это тоже объяснимо: короткие переменные воздействия приводят лишь к неполной переориентации кристаллов. Наконец, малые глубины мантии под океаном объясняются их

инной тектонической эволюцией. Конвективные потоки и расширение океанического дна уменьшают горизонтальные напряжения, и необходимый перепад давлений достигается на меньших глубинах.

«Studia geophysica et geodetica», 14, 3, 1970.

СОВЕЩАЮТСЯ ПРЕПОДАВАТЕЛИ АСТРОНОМИИ ЧЕХОСЛОВАКИИ

29—30 апреля 1971 г. в Смоленцах в Доме научных работников Словацкой Академии наук состоялось третье совещание преподавателей астрономии. На совещании обсуждались вопросы повышения квалификации учителей физики, преподающих астрономию в девятилетних школах страны, проблемы сотрудничества с народными обсерваториями, планетариями и Комиссией № 46 Международного астрономического союза (Комиссия по астрономическому образованию).

В резолюции совещания рекомендуется расширить и пополнить Педагогическую комиссию Чехословацкого астрономического общества при Академии наук, издать новый учебник по астрономии и учебные пособия, включить астрономию в учебную программу будущих учителей физики и ввести для них экзамен по астрономии.

Следующее совещание преподавателей астрономии намечено провести через три года в Университете имени Я. Э. Пуркyně в городе Брно.

ЯРОМИР ШИРОКИЙ

Доктор
(ЧССР)

А. Д. ЗАМОРСКИЙ
профессор

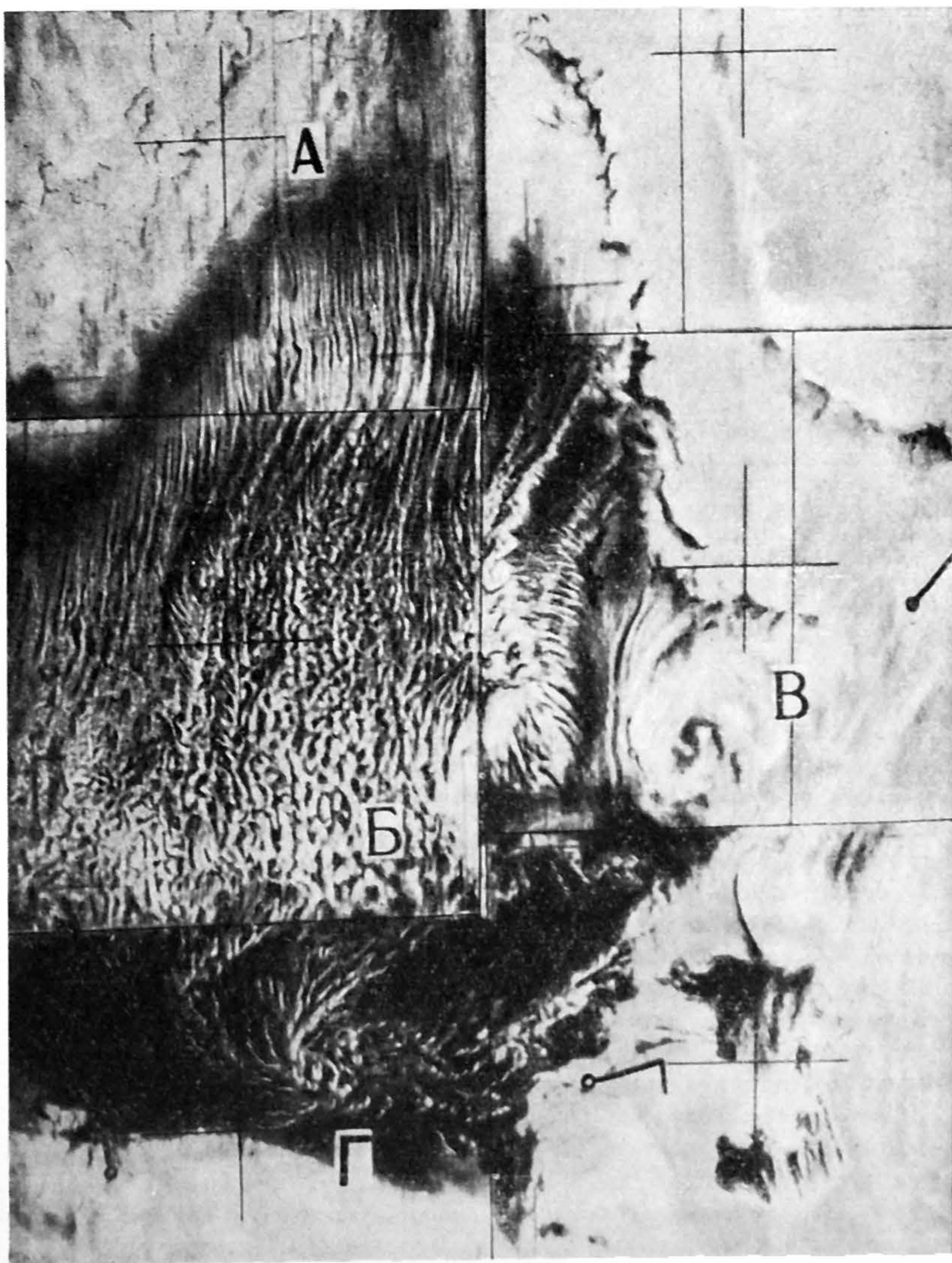
Т. Ф. БАТЯЕВА
кандидат географических наук

Л. С. МИНИНА
кандидат географических наук

БУРИ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СПУТНИКИ

Предсказание разрушительных бурь — одна из сложнейших задач динамической и синоптической метеорологии. Решить ее помогают метеорологические спутники.

Фотография облачного покрова над Баренцевым морем, сделанная в 5 часов 30 минут 15 апреля 1968 г. (метеорологический спутник Земли «Космос-206»). Вверху справа — характерное очертание островов Новой Земли. Внизу — Кольского полуострова и полуострова Канин Нос. Наземные наблюдения не могут дать таких подробных сведений о всем многообразии структурных форм облачности, как это может сделать фотография. Южнее литеры А видны небольшие облачные ячейки, сформированные в гряды, близ литеры Б размер ячеек достигает в поперечнике 50 км, рядом с В и Г — облачные мезовихри. Такие мезоструктурные облачные формы — ячейки, гряды, вихри — возникают при совершенно определенных температуре, влажности и ветре в атмосфере





Телевизионный (слева) и инфракрасный (справа) снимки циклона в южном полушарии над Тихим океаном (метеорологический спутник «Метеор-1», 1 апреля 1969 г.). Основные очертания облачной спирали на обоих снимках совпадают. Наиболее яркие части инфракрасного снимка соответствуют наиболее холодным, т. е. очень высоким облакам. Для определения высоты облаков используются результаты наблюдений космической системы «Метеор», чья актинометрическая аппаратура измеряет температуру верхней поверхности облаков и поверхности Земли

Привычный ход погоды время от времени нарушают исключительные по силе и приносящие бедствия атмосферные явления, которые принято называть чрезвычайными. Пример последних — разрушительные бури в тех областях земного шара, где они бывают крайне редко — один раз за много десятилетий.

Чрезвычайные метеорологические явления трудно предсказать. Синоптики до сих пор для этого выполняют качественный анализ синоптических карт — карт погоды. Другое дело, прогноз развития крупномасштабных атмосферных процессов. В этом случае воздушные потоки

протяженностью в тысячи километров рассчитываются электронно-вычислительными машинами на десятки часов вперед.

Что же мешает предсказывать и предвычислять чрезвычайные явления? Во-первых, они занимают небольшую площадь и потому редкая сеть метеорологических станций не улавливает такие атмосферные мезопроцессы. Во-вторых, для прогноза чрезвычайных явлений необходимо учитывать действие нескольких факторов. Например, развитие бурь, связанных с циклонами умеренных широт, зависит от притока холодного воздуха в тыловую и централь-

ную части циклона. Непрерывные по площади телевизионные наблюдения облаков с метеорологических спутников Земли позволяют исключить эти недостатки и тем самым значительно облегчают прогноз бурь.

На спутниковых фотографиях облачности видны детали до 1—2 км. Спутники, передавая непрерывную информацию, позволяют выявлять тонкие подробности атмосферных мезопроцессов, недоступные синоптическому методу. Анализируя спутниковые фотографии, можно получить сведения о распределении и свойствах холодных и теплых воздушных масс в атмосфере, о распределении и силе воздушных потоков. Так открываются возможности использования спутниковой информации для предсказания бурь.

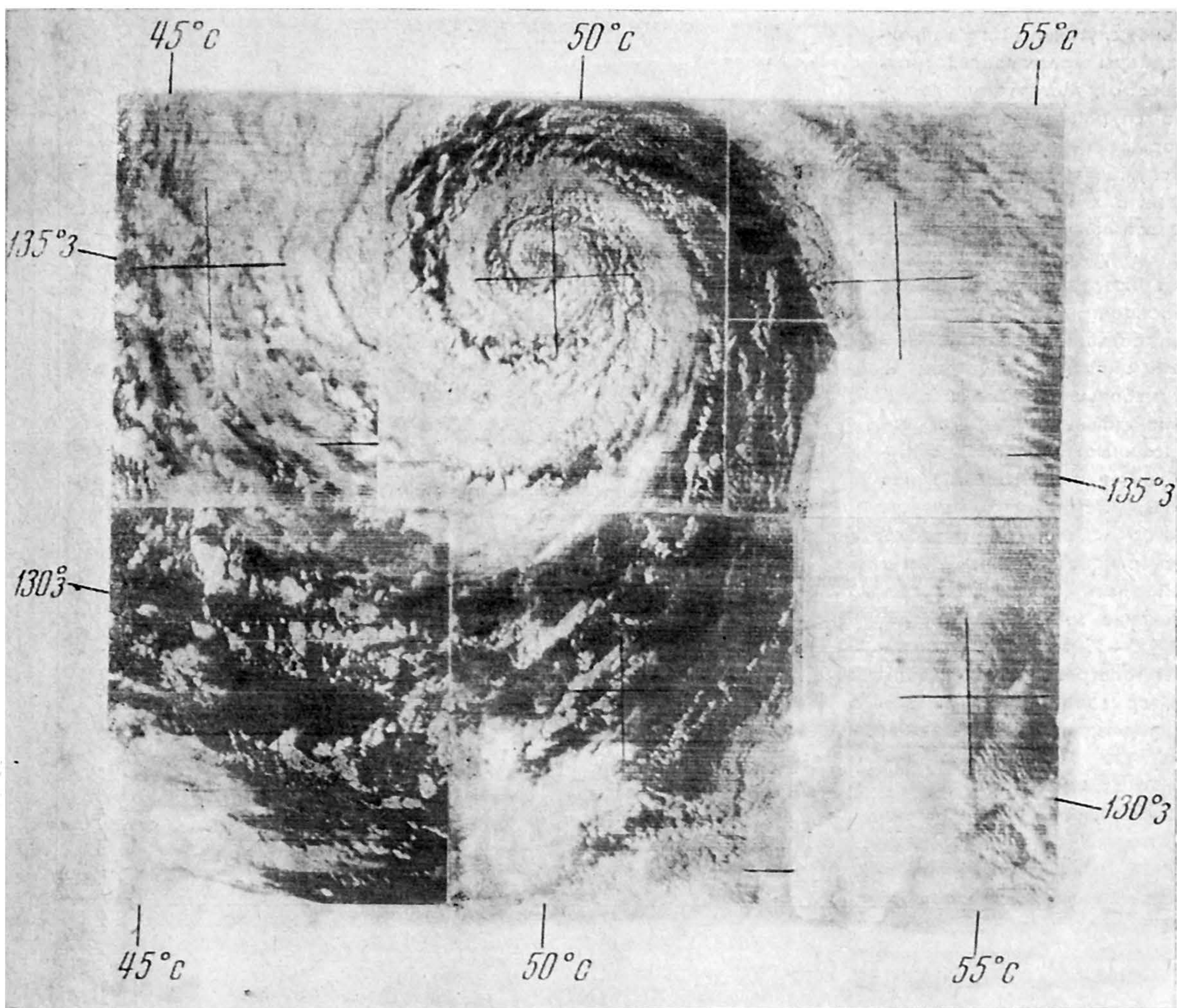
Рассмотрим, что дают и могут дать спутники для прогноза тропических циклонов — ураганов и тайфунов, а также для прогноза бурь, связанных с циклонами умеренных широт.

Тропические циклоны зарождаются над океаном. На огромной водной поверхности метеорологическая сеть столь редка, что многие тропические циклоны раньше оставались незамеченными в течение одних или нескольких суток.

Тропические циклоны известны давно. Впервые их разрушительную силу отметил Христофор Колумб (1493 г.), когда он возвращался из своего первого плавания к берегам Америки. С тех пор тропические циклоны стали пристально изучать. Оказалось, что свирепые тропические штормы, которые наблюдаются в разных частях света, имеют общую природу. Называют их по-разному: в Атлантическом океане — ураганы, в Тихом — тайфуны, к северо-западу от Австралии — вилли-вилли.

Прошли века. Тропические циклоны стали обнаруживать с самолета. Но и этого было недостаточно. Лишь метеорологические спутники способны своевременно отмечать каждый тропический циклон и поставлять основной материал для предсказания тех бурь, которые связаны с ураганами и тайфунами.

Продвижение ураганов и тайфунов сопровождается ветрами разруши-



Снимок с метеорологического спутника «Метеор-2» 4 ноября 1969 г. Типичная картина облачности в циклонах умеренных и высоких широт северного полушария. Облачная спираль проходит к центру циклона по направлению против часовой стрелки

тельной силы, катастрофическими нагонами океанской воды, сильными ливнями. Крайне опасны большие волны на морях и океанах.

Рассмотрим несколько жестоких тропических циклонов, наблюдавшихся в последние годы.

В октябре 1963 г. Кубу в течение пяти дней терзал ураган Флора. Огромные морские волны и тропические ливни вызвали наводнения на реках. Разбушевавшаяся стихия

парализовала жизнь многих районов острова Свободы.

В августе 1964 г. ураган Клео произвел большие разрушения на Малых Антильских островах. Особенно пострадал остров Гваделупа. Такой катастрофы здесь не было с 1928 г.

В последующие годы наиболее разрушительным был ураган Камилла (август 1969 г.). Зародившись над Карибским морем, он прошел над

западными областями Кубы и южным побережьем США. Скорость ветра в урагане достигала почти 100 м/сек. Уровень морской воды вблизи Нового Орлеана поднялся на 7 метров. Ветер и вода разрушали здания, причалы, телеграфные и электрические линии. Погибли люди. Ураган Камилла оказался самым опустошительным в истории США.

Приблизительно в это же время над другим полушарием свирепствовал тайфун Кора. В Японии, где скорость ветра в тайфуне оказалась равной 50 м/сек, он разрушил и повредил 400 домов, более тысячи затопил, унес много человеческих жизней. Восемь судов нашли свою гибель в открытом море.

Но последствия могли стать более печальными, если бы не метео-

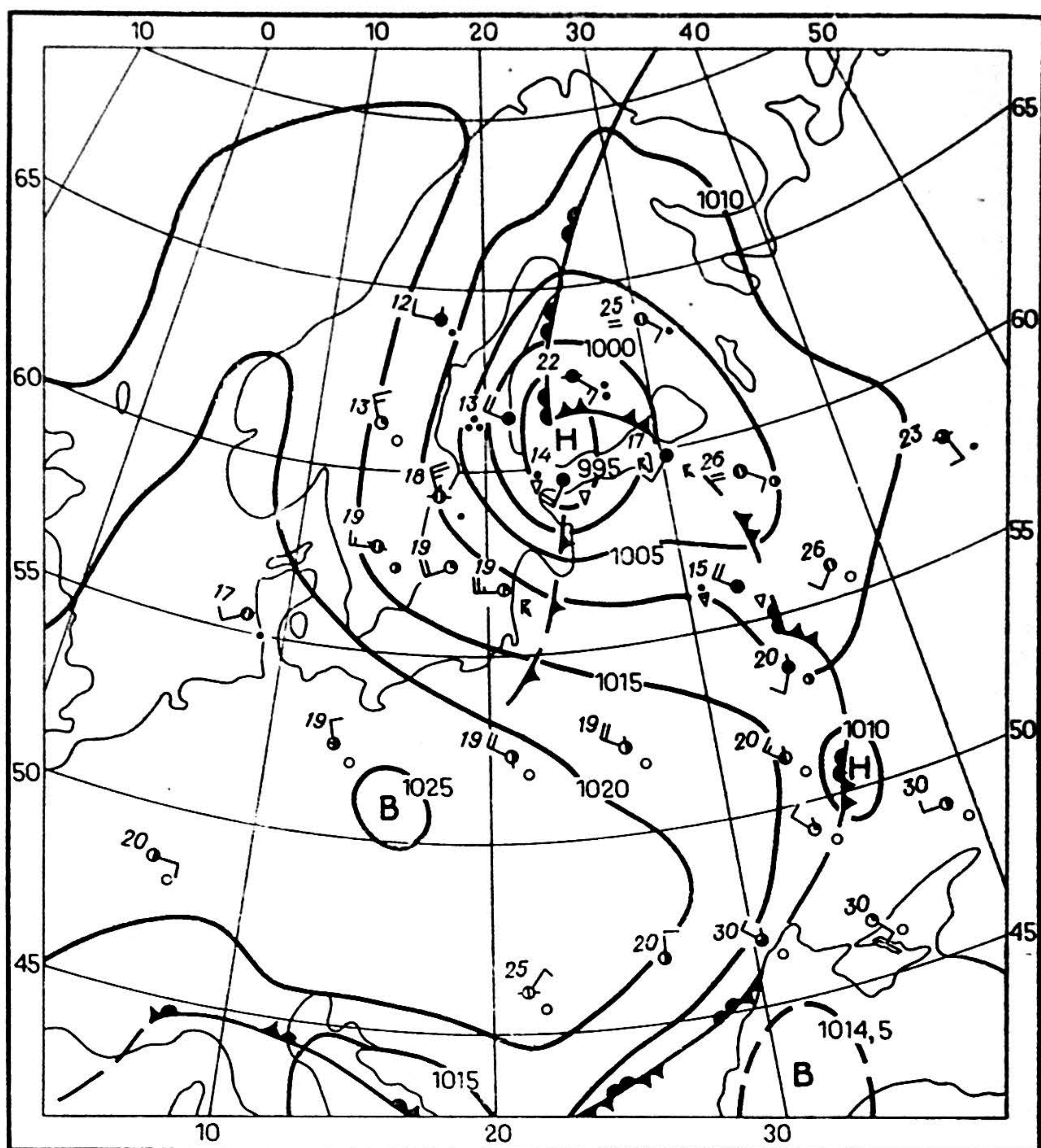
рологические спутники. Их телевизионные камеры «разглядели» грозную опасность. Материалы, поступившие со спутников, и синоптическая информация позволили специальной службе выдать уточненный прогноз развития бури и предупредить о катастрофической опасности.

Циклоны умеренных широт менее коварны. Энергия в них не столь концентрирована, но поражают они большие площади, чем тропические циклоны. Лишь иногда возникают небольшие циклоны с исключительно сильными ветрами, которые напоминают тропические бури. Подобный циклон прошел над территорией Эстонии 6 августа 1967 г. Ветер в области циклона, особенно в районе Таллина, достиг невиданной здесь силы. Его скорость в течение многих часов была ураганной (30—35 м/сек). Ветер валил столбы телеграфной и телефонной связи, срывал крыши. Синоптическая информация оказалась недостаточной для заблаговременного предсказания этой бури.

Перед бурей циклон на карте погоды обрисовывался несколькими изобарами. К сожалению, ни приземная карта погоды, ни аэрологические материалы не предвещали ураганного ветра. Предполагалось лишь усиление ветра, но не более чем до 25 м/сек.

Как показал последующий анализ атмосферных процессов, для правильного прогноза скорости ветра требовались сведения о возможном падении давления в центре циклона. Перед таллинской бурей на картах погоды обычный признак углубления циклона (вторжение холодного воздуха в его тыл) не проявлялся достаточно ясно. Поэтому нельзя было дать предупреждение о невероятно сильном ветре. Даже на утро 6 августа, когда буря начиналась, не было основания для уверенного предсказания ни значительного углубления циклона, ни ураганного ветра. А между тем в последующие 3 часа давление в центре циклона упало на 10 миллибар, а скорость ветра возросла от 15 м/сек до 25 м/сек на суше и до 35 м/сек — на побережье.

Синоптики получили спутниковые

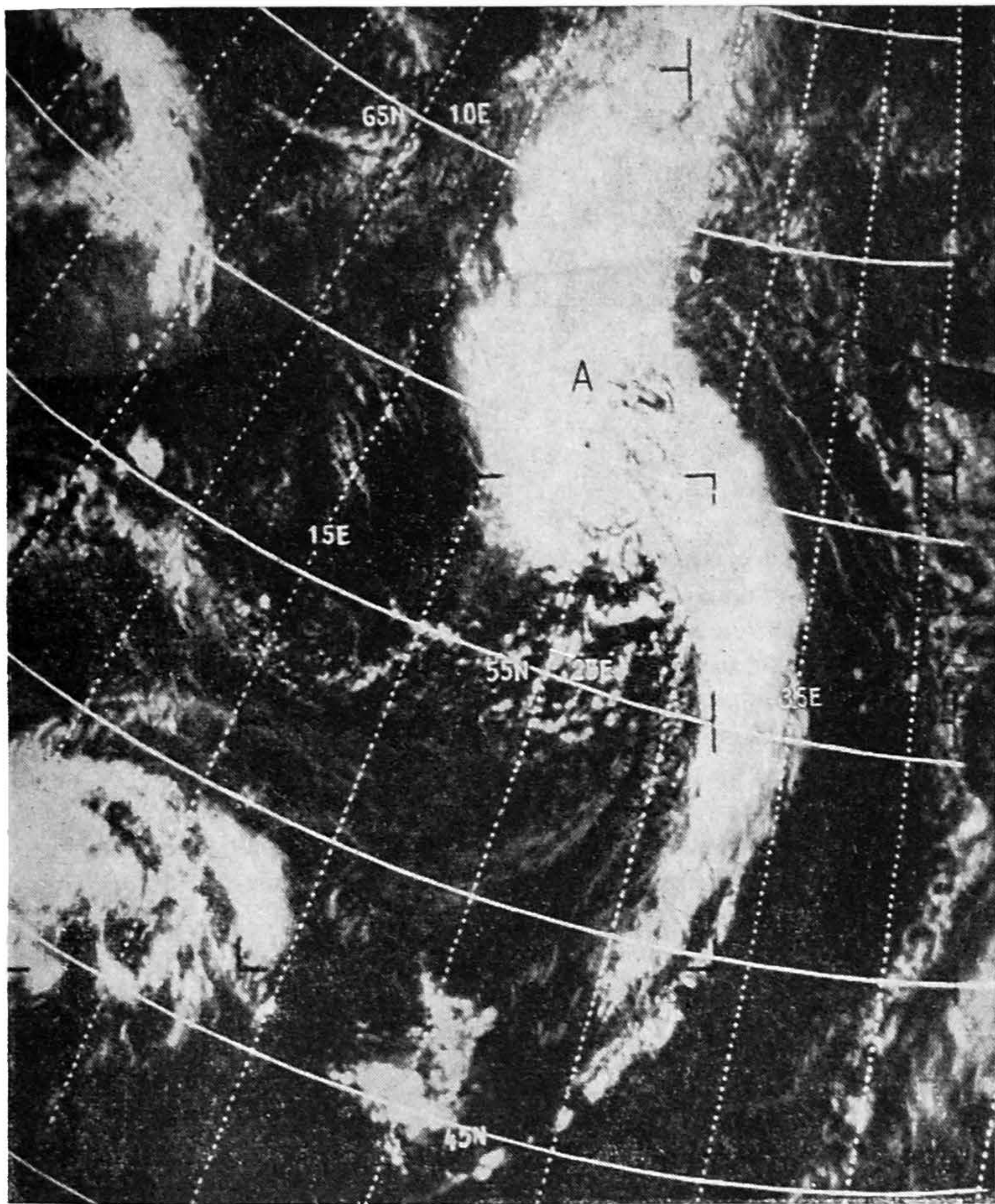


Карта погоды 6 августа 1967 г. на 15 часов московского времени. Над территорией Эстонии расположился циклон. Он очерчен несколькими замкнутыми изобарами.

материалы в срок, как это предусматривалось, но уже после развития бури. На фотографии со спутника виден большой облачный массив. В нем различаются отдельные крупные ячейки с темными центральными пятнами: здесь развивается мощная конвекция, сопровождающаяся грозами и ливнями. В тыловой части циклона, в непосредственной близости к его центру, также видны большие конвективные ячейки (см. на фото район около точки 55° с. ш., 25° в. д.). Это показывало, что наиболее холодный воздух уже начал втягиваться в систему циклона, т. е. теперь следовало ожидать интенсивного углубления циклона и резкого

увеличения скорости ветра. Так спутниковая информация дала более определенные признаки необычной бури. Остается пожалеть, что пока еще фотографии с метеорологических спутников получает не каждое бюро погоды и не столь часто и быстро, как синоптические карты.

Впрочем, иногда на картах погоды достаточно признаков для выявления редкой по силе бури. Тогда прогноз грозного явления выдается с достаточной заблаговременностью без привлечения спутниковой информации. Так, 2 ноября 1969 г. уровень воды на реке Даугаве поднялся на 2 м 14 см (максимальный уровень за последние 70 лет — 1 м 90 см).



Фотография циклона над Эстонией, полученная с метеорологического спутника «ЭССА-5» 6 августа 1967 г. в 15 часов 47 минут московского времени. Четко видны границы сплошного облачного покрова (на снимке в виде белой полосы), связанного со штормовым циклоном. Южнее и восточнее литеры А вкрапление ячеек с темным пространством внутри. Это облака конвективного развития, несущие ливневые дожди и грозы. Обычно в умеренных широтах средний диаметр конвективных ячеек около 40 км, сейчас же, как это можно определить по фотографии, он вдвое больше. Значит, следует ждать развития весьма интенсивной конвекции — сильных ливней и гроз. И действительно, в районе Таллина 6 августа выпало до 57 мм осадков.

Дежурный синоптик Г. Г. Лебединская своевременно предсказала бурю и наводнение в Риге. Принятые меры свели до минимума ущерб от разыгравшейся стихии.

Резкий перепад давления между исключительно мощным сибирским антициклоном (1060 мбар) и неглубоким циклоном над Японским морем (1000 мбар) вызвал 10—12 января 1965 г. в районе Владивостока ураганный ветер со скоростью

36 м/сек. В прибрежной полосе через каждые 10 км давление изменялось на 10—15 мбар, т. е. разность давления оказалась близкой к той, которая наблюдается при ураганах и тайфунах. Однако здесь главную роль играл антициклон и ветер номинал новороссийскую бору. Служба погоды за сутки предупреждала об усилении ветра, но не столь большом. Правда, за два часа до того как был зарегистрирован ветер

ураганной силы, синоптик все же смог выдать предупреждение об усилении скорости ветра до 29 м/сек.

Пресса сообщала о бедах, которые причинили ураганные ветры на юге Европейской территории Союза 27—29 октября 1969 г. Их вызвал «ныряющий» циклон, быстро двигавшийся по крутой траектории с севера на юг. Такие циклоны появляются внезапно и сопровождаются резкими изменениями погоды. В октябре циклон двигался с Балтийского моря на юг и юго-восток ЕТС и на север Каспия. Скорость ветра достигала 40 м/сек. Катастрофический ветер захватил юго-восток Украины, Кубань, Северный Кавказ, дельту Волги. На восточном берегу Азовского моря в районе Темрюка четырехметровый вал воды, поднятый ветром, обрушился на берег и смыл три поселка. Воды реки Кубани залили пригород Темрюка. Но фактический ветер оказался сильнее прогнозируемого. Данные со спутников, безусловно, могли бы помочь и здесь, если бы они поступали достаточно часто.

Конечно, запуск метеорологического спутника дорог. Но сведения, которые он предоставляет, по своему значению неоценимы, они помогают предсказать чрезвычайные явления погоды и снижают те огромные потери, которые они вызывают.

В настоящее время результаты наблюдений метеорологических спутников стали неотъемлемой частью того материала, на котором строится прогноз погоды в Гидрометцентре СССР. Фотографии облачности получают и периферийные службы погоды. Это улучшает предсказание погоды на местах. Однако снимки со спутников поступают только один раз в сутки. Для прогноза чрезвычайных явлений погоды, в частности, для прогноза бурь необходимо, чтобы спутниковая информация поступала в службу погоды чаще, чем сейчас, например, два—три раза в сутки. Дальнейшее развитие советской космической системы «Метеор», которая уже сейчас существенно повышает надежность прогнозов погоды, безусловно, поможет в трудном и ответственном деле — предсказании опасных атмосферных явлений.

Л. М. ГИНДИЛИС

кандидат физико-математических наук

Межзвездные перелеты

«Стоит нам только выйти за пределы солнечной системы, как мы сталкиваемся с космической действительностью совершенно иного порядка. Даже сегодня многие, в общем-то, образованные люди не могут постичь... глубочайшего различия между околосолнечным и межзвездным космическим пространством».

А. Кларк

С момента первого героического полета Юрия Гагарина, облетевшего земной шар на космическом корабле «Восток-1», прошло 10 лет. Это десятилетие было насыщено выдающимися событиями в освоении космического пространства. Выход человека в открытый космос. Групповые полеты. Многоместные корабли. Маневрирование и стыковка в космическом пространстве. Орбитальный полет человека вокруг Земли постепенно становится обычным делом. Первые люди уже побывали на Луне. Закономерно возникает вопрос: а что дальше? Еще К. Э. Циолковский неоднократно высказывал и развивал мысль о грядущей перестройке человечеством солнечной системы. По мнению К. Э. Циолковского, люди будущего постепенно колонизируют межпланетное пространство и создадут искусственную биосферу вокруг Солнца. Они будут жить в искусственных «эфирных городах», обращающихся вокруг Солнца почти по круговым орбитам. В последние годы аналогичные идеи разрабатываются известным американским физиком Ф. Дайсоном и советским ученым — профессором Г. И. Покровским. Не подлежит сомнению, что в ближайшие столетия солнечная система будет полностью освоена человечеством. А сможем ли мы сделать следующий шаг — к звездам?

Переход от межпланетных сообщений к межзвездным — скачок гораздо более принципиальный, чем все то, с чем до сих пор сталкивалась наша цивилизация. Его возможности ограничиваются гигантскими масштабами космоса, масштабами, которые мы

обычно склонны недооценивать. Известный нам на сегодня диапазон пространственных масштабов охватывает 42 порядка: от самых малых известных нам объектов размером 10^{-14} см (кernы элементарных частиц) до 10^{28} см (размер наблюдаемой области Вселенной). На этой «масштабной лестнице Вселенной» человек не занимает среднего положения. Его ступенька 10^2 см, от нее — 16 ступенек ведут «вниз», «в глубь вещей», в микромир; 26 ступенек поднимаются «вверх», в космическое пространство, в область мегамира. Вследствие подобной «асимметрии» космические масштабы гораздо больше отличаются от масштаба привычных нам вещей, чем масштабы микромира. Эта не всегда сознаваемая «огромность» Вселенной накладывает определенные ограничения на возможности межзвездных сообщений.

Иногда говорят, что в отличие от межпланетных перелетов, полеты на межзвездные расстояния вообще невозможны. С таким категорическим утверждением трудно согласиться. Исторический опыт показывает, что отрицательные прогнозы в науке, как правило, не оправдываются. Это происходит потому, что новые открытия, хотя и не перечеркивают предшествующих достижений науки, тем не менее открывают подчас совершенно неожиданные возможности. Классической иллюстрацией этого положения может служить открытие спектрального анализа через несколько лет после того, как Огюст Конт утверждал, что мы никогда не узнаем химического состава звезд. Несколько поучительных в этом отношении

примеров приводит А. Кларк*. Он совершенно справедливо считает, что даже очень серьезные трудности сами по себе не исключают осуществимости того или иного проекта: «...если что-либо теоретически возможно,— пишет он,— и не противоречит фундаментальным научным истинам, то рано или поздно это будет осуществлено»**. Кларк вполне допускает возможность межзвездных перелетов, однако он не считает ракеты подходящим средством межзвездного транспорта. Исходя из положения «истинное будущее не поддается логическому предвидению», он рассматривает различные «экзотические» идеи — искривление пространства, наподобие листа Мёбиуса, путешествие через четвертое измерение и другие. Обратимся, однако, к более реальной постановке вопроса и попробуем разобраться в трудностях и возможностях межзвездных перелетов.

* Предлагаем только два из многочисленных примеров Кларка («Черты будущего». «Мир», 1966 г., стр. 25—26).

«Известный американский астроном С. Ньюком накануне изобретения аэроплана категорически отрицал возможность полета человека на аппаратах тяжелее воздуха.»

«Другой известный астроном Э. Пикеринг уже после того, как начали летать первые самолеты, утверждал, что они никогда не станут эффективным транспортным средством и никогда не смогут достичь больших скоростей. «Воображение народа,— писал он,— часто рисует гигантские летающие машины, стремительно пересекающие Атлантический океан и несущие множество пассажиров, наподобие современных больших кораблей... Можно без колебаний сказать, что такие проекты совершенно фантастичны... Другим распространенным заблуждением надо считать ожидание от самолетов огромных скоростей... С теми средствами, какие сейчас имеются в нашем распоряжении, авиация не способна состязаться в скорости ни с паровозами, ни с автомобилями.»

** А. Кларк. Черты будущего. «Мир», 1966 г., стр. 151.

ФОТОННЫЙ КОРАБЛЬ

«Это почти неподвижности мука — мчаться куда-то со скоростью звука, зная прекрасно, что есть уже где-то некто, летящий со скоростью света».
Л. Мартынов

Основная трудность межзвездных перелетов связана с их длительностью. Предположим, мы решили посетить галактику М 31 (знаменитая туманность Андромеды). Расстояние до этой галактики около 2 млн. световых лет. Если лететь со скоростью света, самой большой скоростью какая только возможна, то по часам земного наблюдателя через 2 млн. лет цель будет достигнута. Оговорка о часах земного наблюдателя не случайна. Дело в том, что для космонавтов, движущихся с около-световой скоростью, темп течения времени замедляется; чем ближе скорость межзвездного корабля к скорости света, тем медленнее течет на нем время. Поэтому, в принципе, космонавты за время своей жизни могут долететь до туманности Андромеды и вернуться обратно, хотя на земле за время их путешествия пройдет около 4 млн. лет. Это так называемый парадокс времени или «парадокс близнецов» теории относительности.

Итак, чтобы за время жизни одного поколения межзвездный корабль мог достигнуть любой удаленной точки Вселенной, он должен лететь

со скоростью, близкой к скорости света. Наиболее эффективное средство достижения околосветовых скоростей — применение фотонной ракеты, работающей за счет реакции аннигиляции: вещество — антивещество. Продуктом реакции является жесткое электромагнитное излучение (γ-кванты), поэтому скорость истечения рабочего тела равна c .

Чтобы читатель мог самостоятельно проверить излагаемые ниже выводы, приведем основные формулы движения фотонного корабля.

Если a — ускорение фотонного корабля, M_0 — массовое число (отношение начальной массы ракеты к конечной), то время ускорения, или длительность полета на активном участке траектории, в системе корабля равно:

$$\tau_0 = \frac{c}{a} \ln M_0.$$

В системе неподвижного наблюдателя (для Земли) длительность ускоренного полета

$$t_0 = \frac{c}{2a} (M_0 + M_0^{-1}).$$

Релятивистское сокращение времени к моменту остановки двигателей составляет:

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{2}{M_0 + M_0^{-1}}.$$

Расстояние, пройденное ракетой в ускоренном полете,

$$x_0 = \frac{c^2}{2a} (M_0 + M_0^{-1} - 2).$$

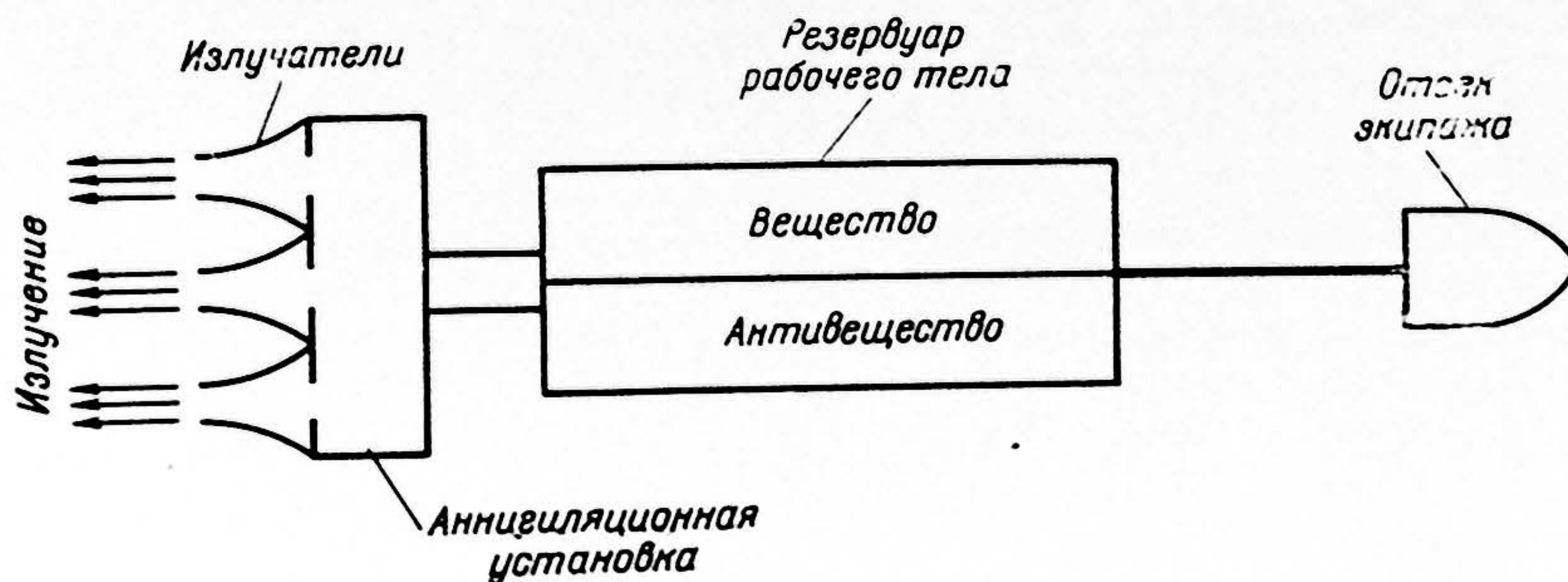


Схема фотонной ракеты

При этом в конце активного участка траектории, после остановки двигателей, ракета развивает скорость

$$v = c \frac{1 - M_0^{-2}}{1 + M_0^{-2}}.$$

Если время полета корабля выразить в годах, ускорение a — в см/сек², а расстояние x — в световых годах, то формулы можно записать в виде:

$$\tau_0 = 2,2 \cdot 10^3 \frac{\ln M_0}{a};$$

$$t_0 = 0,47 \cdot 10^3 \frac{M_0 + M_0^{-1}}{a};$$

$$x_0 = 0,47 \cdot 10^3 \frac{M_0 + M_0^{-1} - 2}{a}.$$

Поскольку массовое число M_0 , как будет видно ниже, огромно, величиной M_0^{-1} в двух последних формулах можно пренебречь. Отсюда следует, что при ускорении $a = 1g = 10$ см/сек², длина активного участка траектории x_0 , выраженная в световых годах, и время ускорения t_0 в системе неподвижного наблюдателя, выраженное в годах, по порядку величины равны половине M_0 .

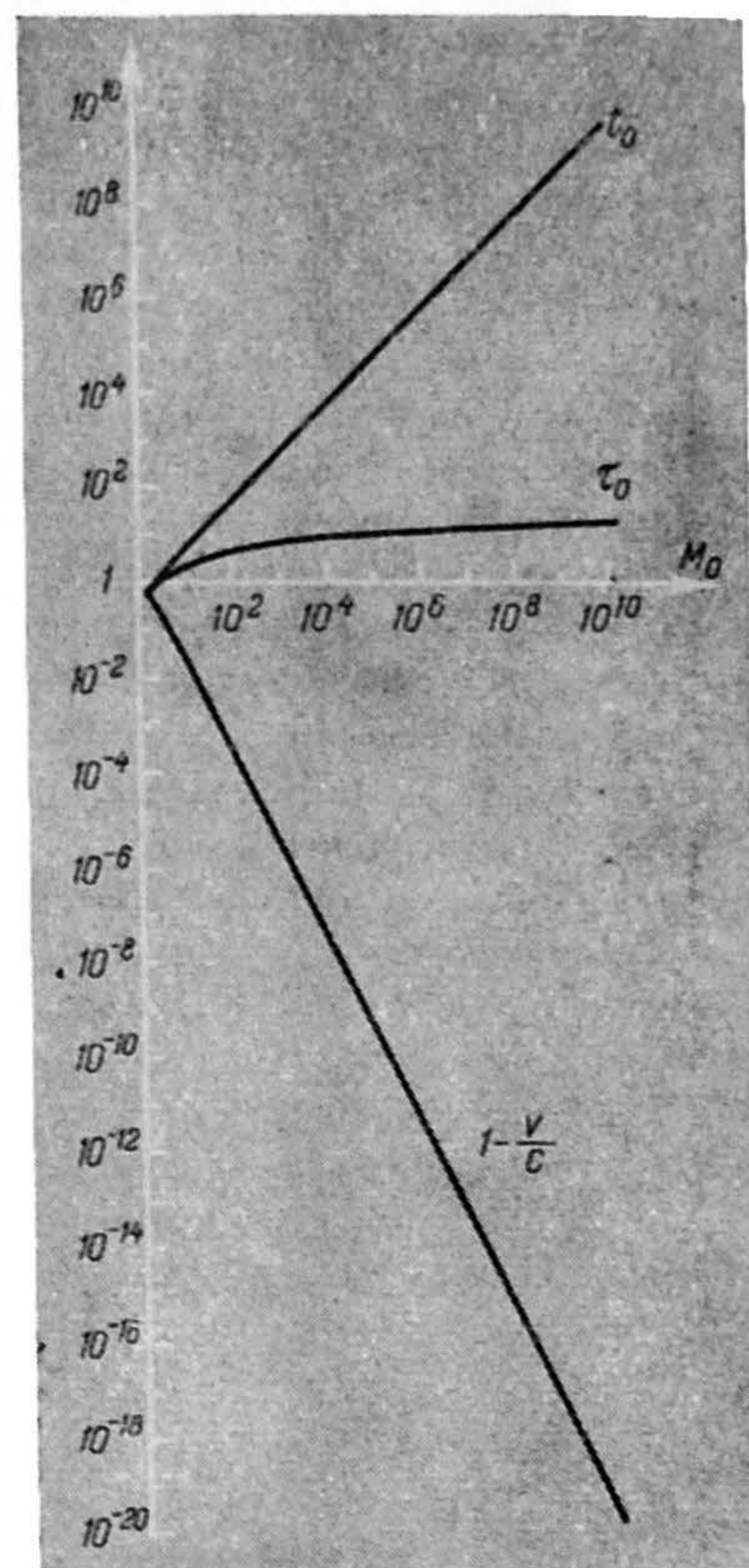
Время ускоренного движения фотонной ракеты, ее скорость в конце активного участка траектории и путь, пройденный ракетой при ускорении $1g$ приведены в таблице 1. Пока дли-

тельность ускоренного полета невелика, время ускорения в системе корабля незначительно отличается от времени в системе неподвижного наблюдателя. По мере увеличения длительности ускоренного полета, разница во времени начинает возрастать. При ускорении $1g$ сокращение времени становится заметным после того, как космонавты проведут в ускоренном полете несколько лет.

Чем дольше работает двигатель фотонного корабля, тем выше скорость, развиваемая им в конце активного участка траектории. Поэтому при заданной дальности полета минимальное время достигается тогда, когда корабль ускоряется до половины пути, а затем начинает тормозиться с тем же ускорением (замедлением), так что в конце пути скорость корабля равна нулю. На обратном пути все повторяется в том же порядке. Поскольку при торможении корабля массовое число по-прежнему равно M_0 , то полное отношение начальной массы к конечной по пути к цели равно M_0^2 и на обратном пути тоже M_0^2 , на всем пути (туда и обратно) оно составляет M_0^4 . Дальность полета равна $2x_0$, полная продолжительность в системе корабля равна $4t_0$, а в системе неподвижного наблюдателя $4\tau_0$. Количественные характеристики такого полета при ускорении $1g$ приведены в таблице 2. Как видно, за время жизни одного поколения ($\tau < 100$ лет) можно достичь практически любого, самого отдаленного уголка Вселенной и вернуться обратно. Однако с увеличением расстояния, расход массы и энергии катастрофически возрастает.

Рассмотрим несколько примеров.

Пример 1. Пусть дальность полета составляет 8 световых лет (это равно расстоянию до ближайших звезд). Тогда время полета туда и обратно в системе корабля составит 9 лет, а в системе неподвижного наблюдателя — 19 лет. При этом полное массовое число равно 10^4 . Для нашей современной техники это число, конечно, слишком велико. Но поскольку рассматривается принципиальная возможность межзвездных перелетов, мы должны принимать во внимание только ограничения, связанные с временем полета и ресурса-



Параметры движения фотонной ракеты при ускорении $1g$

Таблица 1
ПАРАМЕТРЫ ТРАЕКТОРИИ
ФОТОННОЙ РАКЕТЫ
(при ускорении $a = 10^3$ см/сек²)

Массовое число M_0	Время ускорения (годы)		Длина активного участка траектории (световые годы)	Скорость после выгорания топлива $1 - \frac{v}{c}$
	в системе корабля	в системе неподвижного наблюдателя		
5	1,5	2,3	1,5	0,08
10	2,2	4,7	3,8	0,02
10^2	4,4	$4,7 \cdot 10$	$4,6 \cdot 10$	$2 \cdot 10^{-4}$
10^3	6,6	$4,7 \cdot 10^2$	$4,7 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{-6}$
10^4	8,8	$4,7 \cdot 10^3$	$4,7 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-8}$
10^5	11	$4,7 \cdot 10^4$	$4,7 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-10}$
10^6	13	$4,7 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{-12}$
10^7	15	$4,7 \cdot 10^6$	$4,7 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{-14}$
10^8	18	$4,7 \cdot 10^7$	$4,7 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^{-16}$
10^9	20	$4,7 \cdot 10^8$	$4,7 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{-18}$
10^{10}	22	$4,7 \cdot 10^9$	$4,7 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{-20}$

Таблица 2
ПАРАМЕТРЫ МЕЖЗВЕЗДНОГО ПОЛЕТА
С ПОСТОЯННЫМ УСКОРЕНИЕМ
(ЗАМЕДЛЕНИЕМ) $a = 10^3$ см/сек²

Дальность полета (световые годы)	Полное время полета туда и обратно (годы)		Полное массовое число $M = M_0^4$
	в системе неподвижного наблюдателя	в системе корабля	
3	8	6	625
8	19	9	10^4
93	$2 \cdot 10^2$	18	10^8
10^3	$2 \cdot 10^3$	26	10^{12}
10^4	$2 \cdot 10^4$	35	10^{16}
10^5	$2 \cdot 10^5$	44	10^{20}
10^6	$2 \cdot 10^6$	52	10^{24}
10^7	$2 \cdot 10^7$	61	10^{28}
10^8	$2 \cdot 10^8$	70	10^{32}
10^9	$2 \cdot 10^9$	79	10^{36}
10^{10}	$2 \cdot 10^{10}$	88	10^{40}

ми вещества (энергии), которыми может располагать высокоразвитая цивилизация. С этой оговоркой полученное значение массового числа можно считать приемлемым.

Пример 2. Пусть теперь дальность полета составляет 1000 световых лет (ожидаемое расстояние до ближайшей цивилизации). Тогда время полета для космонавтов составляет 26 лет; для земного наблюдателя оно равно 2000 годам. Полное массовое число $M_0 = 10^{12}$. При полезной массе корабля 1 т, что совсем немного для столь дальнего путешествия, начальная масса должна составлять 10^{12} т, что превышает все современное потребление массы нашей земной цивилизацией.

Пример 3. При расстоянии 10^5 световых лет (порядка размеров нашей Галактики) начальная масса уже сравнима с общими ресурсами вещества, которыми может располагать цивилизация в пределах своей планетной системы. Следовательно, прежде чем начать путешествия в пределах Галактики, цивилизация должна освоить соседние планетные системы.

Пример 4. Для полета к ближайшим галактикам необходима масса, превышающая массу планетных систем, здесь потребуется использовать вещество звезд. При этом не следует забывать, что необходимо произвести соответствующее количество антивещества!

Наконец, для полета до границ наблюдаемой области Вселенной требуется масса, превышающая массу Галактики.

В рассмотренных примерах гигантский расход массы связан с длительной непрерывной работой двигателя. Можно попытаться обойти эту трудность, остановив двигатель после достижения некоторой определенной скорости, при которой уже заметно сказывается релятивистское сокращение времени, и продолжая дальнейший полет по инерции. Однако при этом, как показывают расчеты, заметного сокращения расхода массы можно достигнуть только за счет значительного увеличения собственного времени полета межзвездного корабля.

Пример 5. Пусть расстояние, по-прежнему, составляет 1000 световых лет. И пусть двигатель выключается после того, как корабль достигнет скорости 0,98 с (при ускорении до половины пути достигается скорость 0,999 998 с!). При этом массовое число $M_0 = 10$, длина активного участка траектории $x_0 = 3,8$ световых лет, а собственное время ускоренного

полета $t_0 = 2,2$ года. Такое же время потребуется на торможение корабля, при этом также будет пройден путь 3,8 световых лет. Следовательно, расстояние, которое корабль пройдет по инерции, в свободном полете составляет 992 световых года. При скорости 0,98 с время свободного полета $t = 1012$ лет. Релятивистское сокращение времени в нашем примере $d\tau/dt = 0,2$, поэтому собственное время свободного полета составляет 202 года. А полное время полета будет равно:

$$\tau = 4 \times 2,2 + 2 \times 202 \simeq 413 \text{ лет.}$$

Из них 404 года космонавты проведут в свободном полете. Поскольку подавляющая часть времени проходит в свободном полете, его невозможно существенно сократить за счет увеличения ускорения. Так, если в рассмотренном примере ускорение увеличить в 10 раз, то длительность ускоренного полета и длина активного участка траектории сократятся в 10 раз. Расстояние, которое корабль должен будет пройти по инерции, составит теперь 999 световых лет. При заданном M_0 достигаемая ракетой скорость не зависит от ускорения, она будет, по-прежнему, равняться 0,98 с, следовательно, время свободного полета в системе неподвижного наблюдателя составит 1019 лет. Релятивистское сокращение времени на участке свободного полета останется равным 0,2, и собственное время полета по инерции составит 204 года. А полное время полета корабля будет равно:

$$\tau = 4 \times 0,22 + 2 \times 204 = 409 \text{ лет.}$$

Как видим, десятикратное увеличение ускорения и связанные с ним чудовищные перегрузки не спасают положения.

До сих пор мы рассматривали кинематические характеристики полета, не интересуясь энергетической стороной проблемы. Определим теперь требуемую мощность. Для фотонной ракеты удельная мощность двигателя, т. е. мощность, приходящаяся на единицу начальной массы, равна:

$$\frac{P}{m} = ca.$$

При ускорении $1g$ это дает $3 \cdot 10^6$ вт/г. Для нашей современной техники это фантастически большая величина. (Можно ли представить Днепродзеск весом 100 г?)

Попытаемся представить себе, что означает полученная величина мощ-

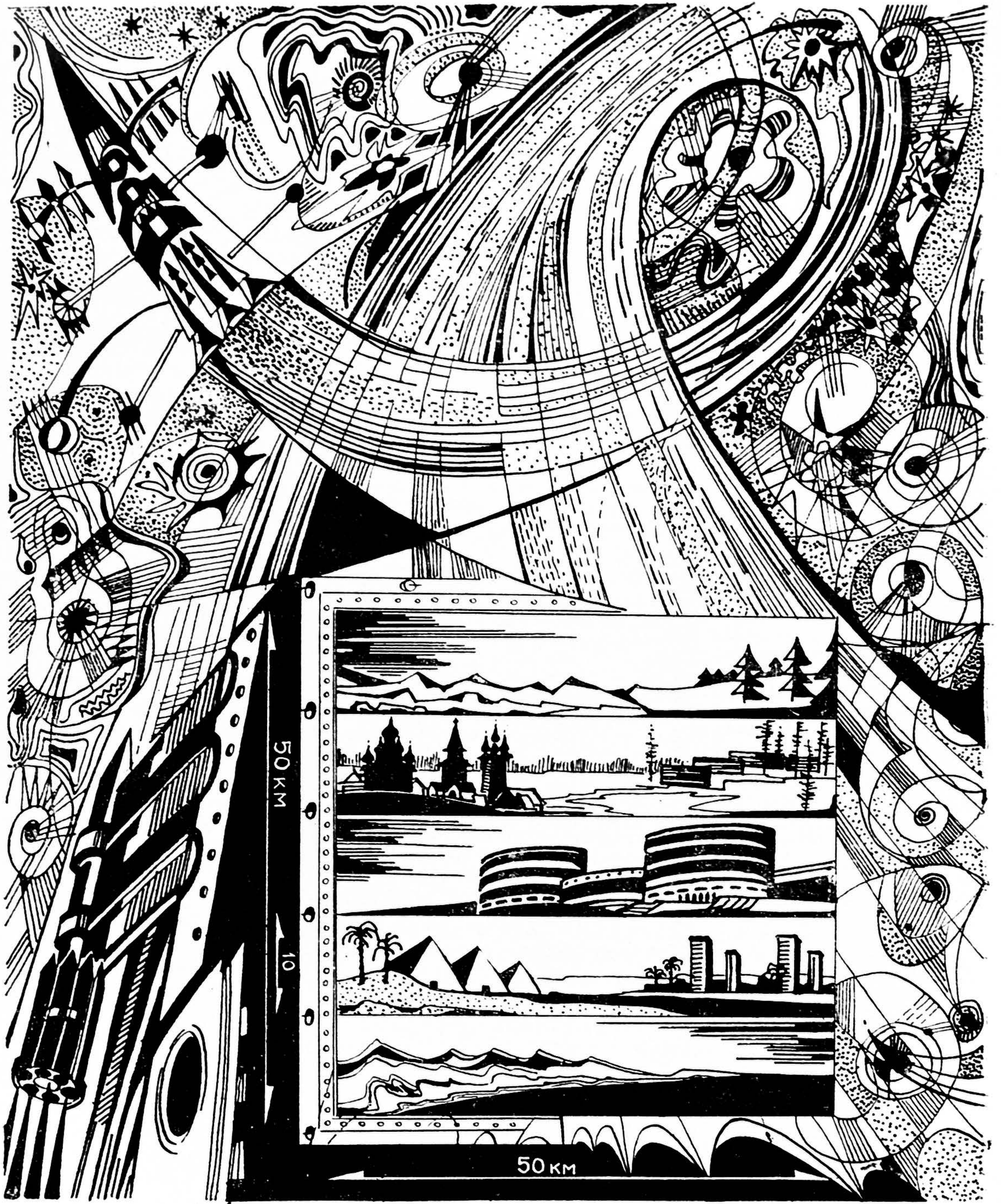
ности фотонной ракеты. С. Хорнер приводит следующий поучительный пример*. Пусть межзвездный корабль, полезная масса которого составляет 10 т, движется с ускорением g вплоть до достижения скорости 0,98 с. Масса аннигиляционных установок и излучателей тоже равна 10 т. Для достижения скорости $v = 0,98$ с массовое число $M_0 = 10$. Следовательно, начальная масса ракеты составляет 200 т. При этом полная мощность двигателей будет равна:

$$P = 3 \cdot 10^3 \text{ вт/г} \times 2 \cdot 10^5 \text{ г} = 6 \cdot 10^{14} \text{ вт.}$$

Это приблизительно в 100 раз превышает современное энергопотребление по всему земному шару. Предположим, как это делает фон Хорнер, что каждая аннигиляционная установка имеет мощность 15 Мвт (мощность современного судового реактора), а каждый передатчик (излучатель) имеет мощность 100 квт. Тогда потребуется 40 миллионов таких аннигиляционных установок и 6 миллиардов излучателей. И все эти 40 миллионов аннигиляционных установок плюс 6 миллиардов излучателей должны весить 10 т! Только при этих условиях ракета может двигаться с ускорением g и спустя 2,2 года достигнуть скорости 0,98 с. Если же мы хотим на такой ракете совершить путешествие туда и обратно, тогда полное массовое число $M = 10^4$, начальная масса ракеты 2×10^5 т. Полная мощность двигателей составляет 6×10^{17} вт, что в несколько раз превышает энергию, ежесекундно получаемую Землей от Солнца. В этом случае уже потребуется 40 миллиардов аннигиляционных установок мощностью по 15 Мвт каждая и 600 миллиардов излучателей мощностью 1 Мвт. И все это, по-прежнему, должно весить 10 т.

Выше мы видели, что скорость 0,98 с достаточна только для путешествия к самым ближайшим звездам. Для полета к отдаленным областям Галактики, на расстояние 10^5 световых лет, требуется скорость порядка

* С. Хорнер. Осуществимы ли космические полеты? Сб. Межзвездная связь. «Мир», 1965 г., стр. 158—176.



Жилой отсек межзвездного корабля. Быть может, на таком корабле в безбрежные просторы космоса отправятся многолюдные колонии землян. Для многих поколений путешественников он останется островком родной планеты, и облик Земли на нем будет бережно сохраняться тысяче-летия...

0,9999999998 с и массовое число $M \sim 10^{20}$. При этом мощность двигателей весом 10 т должна превышать энергетический выход десяти миллионов Солнц! Мы уже не говорим о путешествиях к другим галактикам.

Полученные величины полной мощности ракеты настолько велики, что снижение удельной мощности даже на несколько порядков, по существу, не спасает положения. Напротив, при этом пропорционально снижается ускорение, и корабль не сможет за приемлемое время достигнуть релятивистской скорости.

Энергетические трудности, о которых мы говорили, это трудности количественного порядка. Однако они столь велики, что, как справедливо подчеркивает И. С. Шкловский, явно перерастают в качественные.

Помимо чисто энергетических существуют и другие трудности. Например, столкновения космического корабля с частицами межзвездной пыли. Если не предпринимаются специальные меры (вроде ионизации и отклонения заряженных частиц мощным магнитным полем), то такие столкновения должны происходить достаточно часто. Действительно, среднее число пылинок в единице объема межзвездного пространства равно $2 \cdot 10^{-13} \text{ см}^{-3}$. Если площадь поперечного сечения корабля 10 м^2 , то при полете к ближайшим звездам, на расстояние порядка 10^{19} см , он испытывает $2 \cdot 10^{11}$ столкновений. А ведь даже одно подобное столкновение при субсветовой скорости корабля может иметь катастрофические последствия.

Наконец, существует еще одно не менее важное обстоятельство, на которое обратил внимание Э. Парселл*. Выше мы видели, какая гигантская мощность выделяется при полете фотонной ракеты. Эта мощность выделяется в виде потока γ -лучей, направленных в сторону солнечной системы. При полете к ближайшим звездам поток γ -лучей превышает

полный поток энергии, получаемый Землей от Солнца, при полете к более далеким звездам интенсивность излучения ракеты должна быть еще больше. Подобную дозу облучения, вероятно, не может выдержать ни один живой организм. Поэтому проблема состоит не столько в защите экипажа, сколько в защите Земли или, точнее, всей солнечной системы.

Отсюда, между прочим, следует, что если, несмотря на все трудности, о которых говорилось выше, фотонный корабль все-таки когда-нибудь будет построен, он должен стартовать из безжизненной планетной системы, расположенной около одной из ближайших к нам звезд. Материал этой системы будет использован в качестве рабочего тела ракеты, а расстояние между «пунктом старта» и солнечной системой надежно обеспечит ей защиту от жесткого γ -излучения. Что же касается того, как добраться до ближайшей планетной системы, то, по-видимому, это придется сделать не с помощью фотонного корабля, а каким-то другим способом.

ПУТЕШЕСТВИЕ С ВОЗВРАЩЕНИЕМ ИЛИ БЕЗ ВОЗВРАЩЕНИЯ?...

Итак, дальние межзвездные перелеты с околосветовыми скоростями, которые требуются для того, чтобы космонавты могли за время своей жизни достигнуть любых, самых удаленных областей Вселенной и вернуться обратно, по-видимому, вряд ли возможны. «Вопреки мнению писателей-фантастов,— пишет И. С. Шкловский,— межзвездные фотонные ракеты, движущиеся с релятивистской скоростью, вероятнее всего, никогда не будут построены. Каждой эпохе свойственно переоценивать свои технические возможности. Вспомним, что в XIX столетии серьезно обсуждались проекты полета на Луну с помощью парового двигателя. Еще раньше некоторые писатели-фантасты надеялись совершить такое путешествие на воздушном шаре. В наши дни мы явно переоцениваем возможности реактивной техники. Эта

техника идеальна при полете на межпланетные расстояния для будущего преобразования околосолнечного пространства. Более того, ракеты могут быть мощным средством постепенной экспансии цивилизации от одной планетной системы к другой, находящейся в непосредственной близости. В этом случае, однако, ракеты будут двигаться с нерелятивистскими скоростями»*.

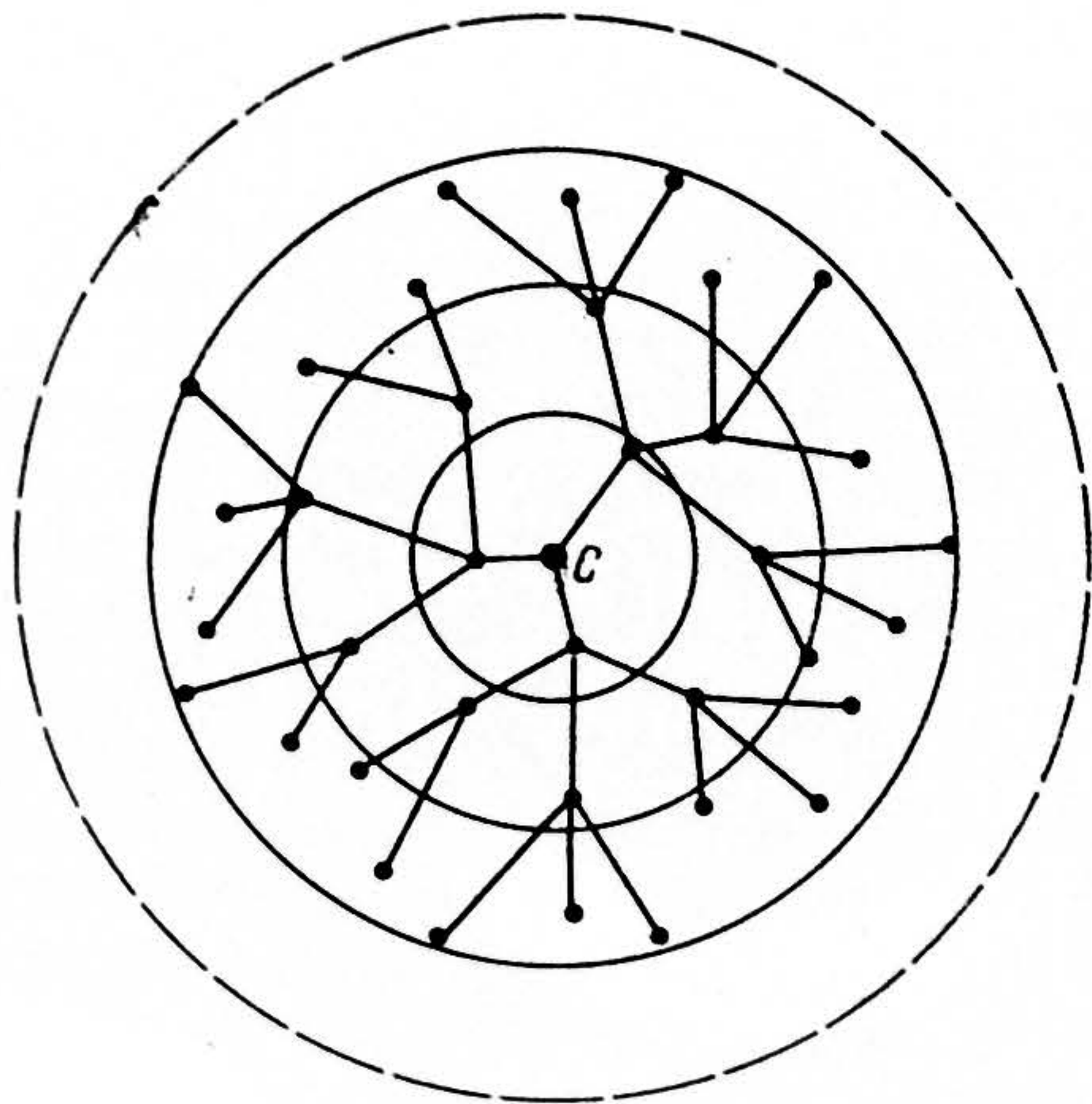
Межзвездные перелеты с нерелятивистскими скоростями физически вполне возможны, например на ракетах с ядерным горючим (реакция термоядерного синтеза водород $\rightarrow$ гелий), в которых скорость истечения рабочего тела равна $1/8$ с. При таком полете все трудности, о которых говорилось выше, уже отпадают. Возникает однако вопрос, можно ли в этом случае обеспечить путешествие с возвращением? Принципиально это возможно,... если подавляющую часть пути экипаж проведет в состоянии глубокого анабиоза (мы отвлекаемся от технических и биологических трудностей реализации такого проекта). Другой способ путешествия состоит в том, чтобы послать в межзвездный полет многочисленную колонию землян, потомки которых через много поколений вернутся на Землю.

И все-таки временной барьер остается непреодолимым препятствием. Космические расстояния велики, а развитие человеческого общества по космическим масштабам протекает исключительно быстро. Что застанут космонавты, возвратившись из далекого межзвездного путешествия? Общество, чужое и непонятное, ушедшее далеко вперед в своем развитии. Быть может, общество зоофитов (по Циолковскому) или искусственных разумных существ. А может быть, они вовсе никого не застанут...

На первый взгляд может показаться, что только релятивистские полеты позволят избежать подобной ситуации. Но на самом деле это не так.

* И. С. Шкловский. Множественность обитаемых миров и проблема установления контактов между ними. «Наука и жизнь», № 1, 1965 г., стр. 63.

* Э. Парселл. Радиоастрономия и связь через космическое пространство. Сб. Межзвездная связь, «Мир», 1965 г., стр. 132—157.



«Диффузия» цивилизаций в космическое пространство. Предположим, что некая цивилизация С в процессе своего развития достигла столь высокого уровня, что для нее становятся возможными нерелятивистские перелеты к ближайшим звездам. В некоторый момент времени цивилизация снаряжает экспедиции на соседние звезды, расположенные внутри сферы радиусом 10 световых лет, на которых обнаружены планетные системы с пригодными для жизни условиями. Прибыв на место назначения, экипаж каждого корабля высаживается на соответствующей планете и приступает к ее колонизации. По истечении определенного времени, скажем 1000 лет (учитывая современные темпы развития человечества, этот срок можно считать достаточным), каждая колония разовьет мощные производственные силы и будет способна сама посылать экспедиции на соседние звезды. Пусть объектом новых экспедиций станут планетные системы, расположенные в сфере радиусом 20 световых лет от исходной родительской звезды (точнее, внутри шарового слоя с радиусом 10 и 20 световых лет). Спустя 1000 лет их потомки оснащают экспедиции к новым мирам и т. д. Получается, что от исходной точки очаги цивилизации распространяются, подобно сферическим волнам, со скоростью 10 световых лет за 1000 лет времени (скорость «диффузии» 0,01 с)

Строго говоря, печальная перспектива, подобная описанной выше, ожидает и космонавтов, путешествующих на фотонной ракете. Ведь время сокращается только для них, на Земле оно течет в прежнем темпе. Вероятно, именно этот «морально-психологический» фактор, а не физические ограничения исключают возможность дальних межзвездных перелетов с возвращением. Что же

касается постепенной медленной «диффузии» человечества от звезды к звезде, от одной из ближайших планетных систем к последующим, то такой процесс односторонней экспансии в космическое пространство, экспансии, при которой постепенно ослабевает и теряется связь между отдельными колониями землян, — физически ничем не запрещается. Встанет ли человечество на этот путь или нет,

это уже относится к вопросу о том, что нужно, а не о том, что можно. Поэтому совершенно прав Дайсон, когда он говорит, что «проблема межзвездных путешествий — это проблема побуждений, движущих обществом, а не физическая проблема»^{*}.

^{*} Ф. Дайсон. Поиски внеземной инженерной деятельности. «Земля и Вселенная», № 6, 1968 г., стр. 73.



«ЛУНА-18»

2 сентября 1971 г. в 16 часов 41 минуту по московскому времени в соответствии с программой исследования космического пространства в Советском Союзе взяла старт ракета-носитель с автоматической станцией «Луна-18» на борту.

7 сентября станция вышла на круговую селеноцентрическую орбиту.

11 сентября после включения тормозной двигательной установки станция сошла с орбиты и достигла поверхности Луны в районе материка, окружающего Море Изобилия, в точке с координатами 3°34' с. ш. и 56°30' в. д. Посадка производилась в гористой местности, представляющей большой научный интерес. При этом,

как показали измерения, прилунение станции в сложных топографических условиях оказалось неблагоприятным.

В процессе полета было проведено 85 сеансов радиосвязи, проверялась работа систем станции, измерялись параметры траектории ее движения. При полете по селеноцентрической орбите отрабатывались методы автоматической окололунной навигации и обеспечения посадки на поверхность Луны. Получены новые опытные данные о работе конструкции и бортовых систем.



Юбилейный пленум океанологов



На пригласительном билете в Московский Дом ученых — два силуэта: легендарный «Персей» и громадное современное исследовательское судно типа «Академик Курчатов». Океанографическая комиссия Академии наук СССР приглашает на юбилейный пленум, посвященный 50-летию советской океанологии. 10—12 марта 1971 г. на трибуне сменялись ораторы, звучали торжественные речи, то страстные, то спокойные. Ветераны ПЛАВМОРНИН вспоминали о днях, проведенных в экспедициях на борту «Персея», а молодые ученые рассказывали о сегодняшней океанологии, прошедшей нелегкий и славный путь от скромного Плавучего морского института до разветвленной сети множества научных учреждений, от первых работ «Персея» в Баренцевом море до участия в больших экспедициях и международных проектах по изучению Мирового океана.

50-летний опыт советской океанологии — биография науки уместилась в 20 докладах, одинаково насыщенных, но по-разному прозвучавших. Написать о всех докладах, в которых излагались современные направления физики моря, течений океана и важнейшие проблемы морского ледоведения, невозможно. Особенно запомнились три выступления.

Самой эмоциональной, пожалуй, была речь В. Г. Богорова. Взволнованным голосом Вениамин Григорьевич говорил о вещах, знакомых по газетным статьям, но он говорил об этом так страстно и убедительно, что возникало ясное представление о громадной научной проблеме — о природообразующих процессах Мирового океана.

— Питательные вещества, — говорил докладчик, — не появляются из

синей краски, которой мы покрываем огромные просторы океанов на глобусах и картах. О безжизненности океана писал еще Колумб. И только самый верхний 100-метровый слой является зоной, где кипит жизнь. Это зона фотосинтеза. Есть и еще особые районы, где океан богат питательными веществами, — там, где происходит подъем вод с глубин, т. е. длительное время преобладает циклоническая циркуляция вод. В тех же районах, где происходит опускание водных масс (антициклоническая циркуляция), возникает очень обидное соотношение площади океана и его рыбного богатства. Однако зона фотосинтеза есть всюду, во всем Мировом океане. На квадратном километре зоны фотосинтеза в Атлантическом океане продуцируется 23,5 т биомассы, а в Тихом — 25,4 т, т. е. цифры одного порядка, а океаны разные. На шельфе, который составляет всего 7% площади всего океанического дна, продуцируется 82,6% всей биомассы бентоса, а на глубинах больше 3 км, которые занимают $\frac{3}{4}$ поверхности океана — менее процента (0,8%).

Кто же главный «работник» на Земле? Конечно, Солнце. Как оно трансформирует свою энергию? Есть два процесса: рассеяние и процесс накопления — фотосинтез. Какое же количество энергии Солнца заключено в первичной продукции? В результате фотосинтеза продуцируется $2 \cdot 10^{17}$ ккал. Много это или мало? С чем можно сравнить? Сотрудник кафедры океанологии МГУ С. С. Лаппо сравнил с переносом воды течениями — это самый крупный элемент динамики океана. Подсчитана кинетическая энергия крупномасштабного течения — 10^{19} дж. Потенциальная энер-



Президиум юбилейного пленума, посвященного советской океанологии. Слева направо: доктор географических наук И. Д. Папанин, академик В. В. Шулейкин, академик А. П. Виноградов, доктор геолого-минералогических наук В. Л. Барсуков, адмирал Н. М. Харламов, доктор физико-математических наук А. М. Гусев, ветераны ПЛАВМОРНИИ В. А. Васнецов и А. Д. Старостин. На трибуне доктор географических наук А. Д. Добровольский

гия движения вод Мирового океана 10^{21} дж. А сколько энергии скрыто в первичной продукции? Оказывается, $8 \cdot 10^{20}$ дж.

Первичная продукция (организмы) трансформирует энергию Солнца, связывает ее. Благодаря этой трансформации возникает круговорот веществ и энергии. Формируется несколько незамкнутых кругов. Первый — поверхностный слой. Здесь происходит фотосинтез. Фитопланктон потребляет огромные количества органического вещества (6 млрд. тонн) — почти годовой его запас в океане. Создаются напряженные пищевые отношения. Реки удобряют океан органическими веществами в очень малой степени. Ошибочно представление об удобрении Мирового

океана реками. Они — ничто по сравнению с тем, что находится на морских глубинах. И не надо сыпать ничего в океан. Там все есть. На поверхности потребляется только 75% органических веществ, 25% вступают в другой круговорот, который питает всю толщу океана до дна, хотя на дно попадает лишь 0,1% всего органического вещества. Но они, эти 0,1%, — тот агент, который преобразует рыхлые осадки. Второй круг: поверхность — дно. Здесь сказывается влияние рек. Все, что достигает дна, окажется потом на дневной поверхности. Новый круг: континент — море. Человек и океан, — еще один круговорот веществ и энергии. Этот круговорот рождает очень сложную проблему рационального хозяйственного

использования ресурсов Мирового океана. Об этой прозаической проблеме рассказал доктор биологических наук А. С. Богданов. Океан — поставщик пищи для человечества. Из 3,7 млрд. человек населения Земли только 1 или 1,5 млрд. получают достаточно белка, а 2 или 2,5 млрд. довольствуются голодной нормой.

Известна крылатая фраза о «безграничных запасах океана». Насколько она отвечает действительности? Что сейчас нам дает океан? Мировой рыбный промысел получает около 70 млн. т пищевых ресурсов (12% всех необходимых белков). Всего 100 лет назад добывали 20 млн. т, т. е. почти в 3 раза меньше. В конце 60-х годов, несмотря на усовершенствование техники лова, рост общего вылова рыбы приостановился, а уловы традиционных видов рыб сократились. Рыбы — последнее звено трофической (пищевой) цепи в океане. Различные ученые по-разному оценивают возможное изъятие биомассы из океана: 80 млн. т, 200 млн. т, в среднем 100 млн. т. Особенно плохо

обстоит дело с традиционным промыслом в районе шельфа — там достигнута грань возможного «перелова». Первое место в мире по вылову морских продуктов занимает Перу, на втором — Япония и на третьем — СССР (7,8 млн. т). Из этих 7,8 млн. т — 87% добывается в водах открытого океана. Почти все белки попадают в наше меню из океана, а не из внутренних морей и не из пресных вод.

Докладчик подчеркнул, что цифра вылова морских продуктов 7,8 млн. т достигнута не сразу. И немало труда внесли научные учреждения. У нас в стране 2000 сотрудников рыбохозяйственных организаций и 120 поисково-промысловых судов. Мы не можем не гордиться научно-поисковыми работами на судне «Академик Книпович» в Антарктике, в результате которых освоены районы промысла ранее неиспользованной рыбы — нототении.

А теперь обратимся к негативной стороне вопроса. На том уровне, на котором мы вели рыбный промысел, сегодня оставаться нельзя. Человечество вынуждено искать новые биоресурсы в океане. К 2000 г., по расчетам ООН, население земного шара будет около 12 млрд. человек. Если сохранить тот же уровень потребления рыбопродуктов, придется удвоить вылов, т. е. добиться 120—150 млн. т в год, а предельно возможное изъятие рыбы из океана составляет 100 млн. т... Что же делать? По мнению С. А. Богданова, следует, во-первых, осваивать новые или недостаточно использованные промысловые районы; во-вторых, необходимо определить величину запаса и точно прогнозировать возможное изъятие биомассы; в-третьих, нужна международная договоренность для освоения районов, которые недостаточно полно используются из-за того, что там закрыты территориальные воды; в-четвертых, использовать непромысловые (сейчас), малоценные рыбы. Наконец, что нужно успеть сделать во-время — это правильно управлять биопродуктивностью.

А теперь отвлечемся от проблем биологии, чтобы поделиться впечатлениями от доклада доктора геолого-

минералогических наук А. П. Лисицына. Он рассказал о процессах, которые происходят страшно медленно — об осадкообразовании, измеряемом несколькими миллиметрами в тысячелетие. Чего же достигли геологи за 50 лет? 15 лет назад советские геологи не имели батиметрических карт. Сейчас они картировали весь Мировой океан.

Генетический состав донных осадков был главным для геологов. Теперь — целый ряд свойств и, прежде всего, скорости осадкообразования, размыв суши и аккумуляция донных осадков интересуют естествоиспытателей. Знать скорости накопления осадков — значит правильно интерпретировать геофизические и геохимические вопросы. Еще недавно считалось, что определения абсолютного возраста осадочных пород очень точны. Теперь оказалось, что ряд методов дает неверные результаты, и большое число определений пришлось отбросить.

По мнению А. П. Лисицына, надежны два метода: ионий-протактиниевый и метод C^{14} . Иногда хорош метод палеотемператур, но лишь для четвертичного периода. Много обещает метод палеомагнитной стратиграфии, который развивается в последние 10—15 лет. Этим методом получены точные данные до возраста 4,5 млн. лет. По современным картам скоростей осадконакопления, построенным для возраста 4,5 млн. лет, изучаются соотношения содержания взвеси к мощности донных осадков и распределение этого соотношения. Здесь очень существенную роль играет представление о стоке рек. Ведь они — главные поставщики осадочного материала.

В настоящее время представление о стоке рек существенно изменилось. Оказалось, что поступление осадочного материала происходит неравномерно и основная масса его сбрасывается десятью крупнейшими реками мира. Из всей массы осадочного материала — 12 млрд. т — они выносят 7 млрд. т в год. Эта дискретность поставки очень важна. Главное здесь то, что поступление осадочного материала происходит в узкой экваториальной зоне. Все тысячи других рек и

ледников поставляют только $1/3$ всего осадочного материала.

Докладчик подчеркнул, что терригенного материала на дне морей и океанов в 8—10 раз больше, нежели биогенного. Если пользоваться бухгалтерской терминологией, можно сказать, что геологи занимаются «остатком» биогенного материала. Но этот «остаток» чрезвычайно важен: он позволяет говорить о биологической системе регулирования состава океанических вод и океанических осадков.

А. П. Лисицын полагает, что в геологическом прошлом была сходная с современной картина неравномерности осадконакопления: и тогда океанические осадки имели подводные конусы выноса. Знание геометрии этого осадочного тела позволит изучить динамику процесса осадконакопления. Несмотря на всю сложность построения карт абсолютного геологического возраста, они открывают принципиально новые возможности для изучения тектоники планеты. Можно утверждать, что уже 100—150 млн. лет сохраняется картина современного распределения осадков, если даже предположить, что за это время произошло расширение океанического дна.

Кроме основных докладов на пленуме прозвучали краткие, но интересные и яркие выступления. Доктор геолого-минералогических наук С. А. Ушаков (МГУ) предложил геологам сменить скептическое отношение к теории перемещения литосферных плит на строгую аргументацию доводов. Любопытным было сообщение Р. М. Деменицкой. Изучая геомагнитное поле Арктики, она убедилась в его сложном и многообразном характере, который не подтверждает ни одну из гипотез — ни гипотезу «мобилизма», ни «фиксизма».

Юбилейный пленум Океанографической комиссии АН СССР, посвященный 50-летию советской океанологии, призвал всех советских океанологов активно включиться в работу по выполнению задач в области океанологии, поставленных XXIV съездом КПСС.

Н. П. ЕГОРЕНКО

Первые Гагаринские чтения

Центральный дом авиации и космонавтики и Комитет космонавтики ДОСААФ СССР впервые организовали и провели 13—15 апреля 1971 г. Чтения, посвященные 10-летию юбилею полета в космос Юрия Алексеевича Гагарина. Более 350 человек — ученые, инженеры, космонавты — участвовали в Чтениях.

13 апреля состоялось пленарное заседание. Многочисленная аудитория с большим вниманием встретила речь председательствующего — академика А. Ю. Ишлинского, доклад летчика-космонавта СССР Героя Советского Союза П. Р. Поповича «Подвиг во имя человечества», доклад профессора А. А. Космодемьянского «С. П. Королев — создатель космических систем», доклад летчика-космонавта СССР дважды Героя Советского Союза А. Г. Николаева «Некоторые итоги длительного космического полета корабля «Союз-9» и доклад доктора технических наук Г. И. Покровского «Два пути исследования космоса».

За 10 лет, прошедших после полета Ю. А. Гагарина, космонавтика достигла больших успехов: люди ступили на Луну, с Земли они руководят работой лунных лабораторий, отправляют в дальние рейсы автоматические межпланетные станции для исследования Марса и Венеры. На орбите вокруг Земли начато испытание первой пилотируемой орбитальной научной станции «Салют».

Долговременные орбитальные станции со сменными экипажами прокладывают человеку магистральный путь в космос. Орбитальные станции — это будущие «космодромы в космосе», стартовые площадки межпланетных полетов, крупные научные лаборатории для исследования разнообразнейших проблем геофизики, астрономии, астрофизики, космической технологии, биологии и медицины. Десятилетняя практика космических исследований с помощью пилотируемых кораблей подготовила следующий, наиболее важный этап развития космонавтики — создание долговременных обитаемых станций на орбите Земли.

26 докладов, заслушанных на Чте-

ниях в четырех секциях, были посвящены анализу теоретических проблем завоевания космического пространства и достигнутым результатам исследования.

Рассмотрим коротко содержание некоторых докладов.

Доктор технических наук Б. М. Панкратов рассказал о проблеме выбора траектории космического корабля, которая должна обеспечить наименьшее время прохождения в зонах опасной радиации.

К. Г. Григорьев и И. В. Иослович показали, как с минимальным расходом топлива затормозить вращательное движение корабля после отделения от ракеты-носителя.

Чтобы обеспечить постоянную ориентацию, создается вращение вокруг одной из осей космического корабля. Однако под действием возмущений от гравитационных полей, магнитных моментов, присоединения и отделения частей космического корабля первоначально заданная ориентация нарушается. Группа авторов под руководством доктора технических наук В. Ф. Кротова предложила способ оптимального управления ориентацией космического корабля с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД).

Кандидат технических наук А. М. Никулин, коснувшись проблемы искусственной гравитации, отметил, что управление поворотом плоскости вращения корабля следует производить циклическим включением управляющих ЖРД.

Ю. А. Гартунг остановился на особенностях движения космического летательного аппарата.

Кандидат технических наук С. А. Пиявский (с группой соавторов) докладывал об использовании атмосферы в качестве рабочего тела электроракетного двигателя.

Кандидат технических наук В. Б. Соколов привел убедительные примеры, показывающие, что теория подобия и анализ размерностей, широко используемые в гидродинамике, теплофизике, энергетике, могут успешно применяться в механике космического полета. При этом резуль-

таты представляются в более компактном виде.

Быстрое развитие космонавтики уже в настоящее время ставит задачи теоретического исследования механики полета пилотируемого корабля в дальний космос, к планетам и звездам. Во время рейса по расчетной траектории корабль неожиданно может встретиться с возмущающей траекторией массой, например астероидом. И. И. Лунев нашел закон управления тягой ЖРД для случая пролета одной или нескольких возмущающих масс, лежащих в одной плоскости, и для случая, когда корабль движется относительно возмущающей массы по пространственной траектории.

Доклад кандидата технических наук В. Н. Сагинова был посвящен проблеме создания космической авиации. Ключом к дальнейшим успехам космонавтики, полному освоению и широкому использованию ближнего космоса станет создание космической авиации. По-видимому, будет создан новый летательный аппарат — орбитальный самолет. Космические полеты уподобятся полетам транспортной авиации. Полеты Земля — орбита — Земля станут частыми и регулярными, безопасными, надежными и дешевыми.

Профессор О. А. Чембровский, рассказав о значении космонавтики и ее практическом использовании для развития многих отраслей народного хозяйства, нарисовал увлекательную картину перспективного развития полетов человека к другим мирам, к звездам и галактикам.

Прошедшие Чтения — свидетельство глубокого уважения современников первопроходцу космоса, чей полет на корабле «Восток» открыл эру освоения и исследования космоса и небесных тел человеком. Гагаринские чтения, посвященные проблемам завоевания просторов Вселенной, отныне будут проводиться ежегодно в День космонавтики.

И. И. ШУНЕЯКО
кандидат технических наук

В. А. БРОНШТЭН

кандидат физико-математических наук

Происхождение астероидов

Редакция «Земли и Вселенной» получила несколько писем от читателей с просьбой рассказать о происхождении астероидов. В частности, их интересует гипотеза распада планеты Фазтон, осколками которой будто бы и являются астероиды. А читательница Ольга С. из Ленинграда спрашивает: «Знают ли наши ученые, что фазтонцы были высокоразвитыми людьми?» В публикуемой ниже статье рассматриваются различные аспекты проблемы происхождения астероидов и гипотезы о Фазтоне.

Прежде всего я отвечу на вопрос Ольги С. Нет, уважаемая Ольга, ученые не знают, были ли фазтонцы высокоразвитыми существами (у Вас сказано «людьми» — ну зачем же так прямо?). Не знают они и о том, существовали ли эти воображаемые фазтонцы вообще. Судить и гадать о таких вещах — дело фантастов, а не ученых. Ученые, тщательно анализируя факты, не могут, увы, даже сказать, была ли планета Фазтон. А факты — упрямая вещь.

В этой статье я хочу провести читателя по всем сложным закоулкам проблемы, которая зовется «происхождение астероидов», не скрывая трудностей, не сглаживая противоречий и не пытаясь дать окончательный ответ на вопрос.

КОЛЬЦО АСТЕРОИДОВ

История открытия первых четырех астероидов достаточно хорошо известна. Еще в 1796 г. на конгрессе в Готе была создана группа из 24 астрономов, поставивших цель найти «отсутствовавшую» планету между орбитами Марса и Юпитера. Что такая планета должна существовать на расстоянии 2,8 а. е. от Солнца, следова-

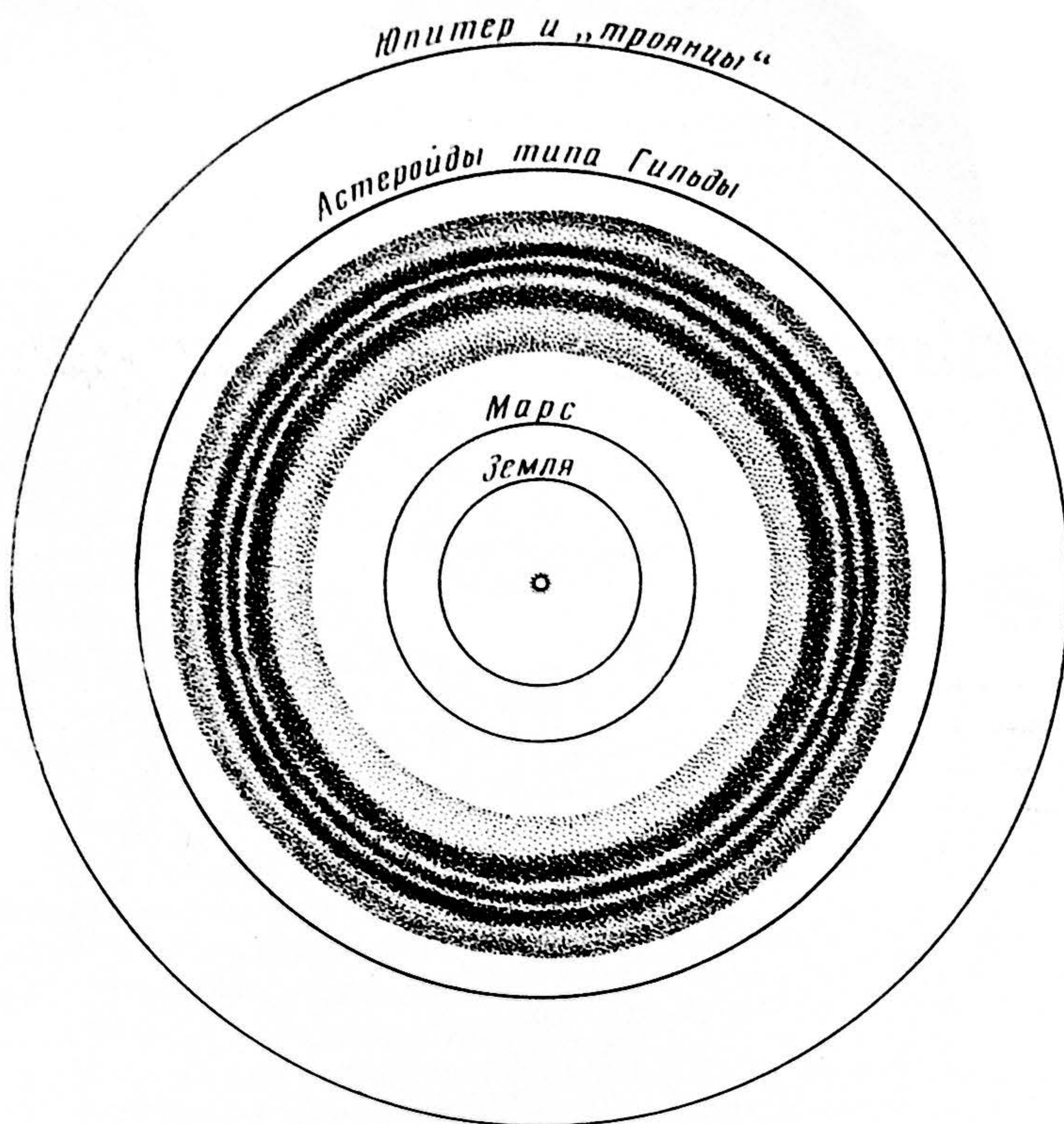
ло из правила Тициуса — Бодде. Планету начали искать. И 1 января 1801 г. ее обнаружил Дж. Пиацци, а спустя год почти на том же расстоянии от Солнца Г. Ольберс нашел другую планету. Так были открыты два первых астероида: Церера и Паллада.

Открытие двух планет вместо одной навело в 1804 г. Ольберса на мысль, что это — осколки большой планеты, распавшейся почему-то на части. Вскоре были найдены еще два астероида — Юнона и Веста, а после 1845 г. открытия посыпались как из рога изобилия. К настоящему времени астрономам известно 1767 астероидов с хорошо определенными орбитами. Этим астероидам присвоены названия и номера. Несколько тысяч других малых планет имеют пока лишь предварительные обозначения.

Для того, чтобы подойти к решению вопроса о происхождении астероидов, надо прежде всего рассмотреть, какое место они занимают в солнечной системе.

Если нанести орбиты астероидов на схему солнечной системы, то легко убедиться, что большинство из них образует кольцо, или пояс астероидов между орбитами Марса и Юпитера. Большие полуоси орбит 97% малых планет лежат между значениями 2,17 и 3,64 а. е., составляя в среднем 2,75 а. е.

За пределы кольца выходит считанное число малых планет. Внутри кольца, в сторону Марса, Земли и Солнца, заходят орбиты 19 астероидов типа Эрота (среди них и хорошо известный Икар). За внешними пределами кольца движутся 19 астерои-



Кольцо астероидов

дов группы Гильды с почти одинаковыми орбитами (большие полуоси 3,9—4,0 а. е.), 15 так называемых «троянцев», движущихся по орбите Юпитера в 60° впереди или позади него*, и три одиноких астероида: Ода, Туле и Гидальго.

ОРБИТЫ И МАССЫ

Сравним такие характеристики орбит астероидов, как эксцентриситеты и наклонения, с аналогичными элементами орбит больших планет и комет.

Большие планеты движутся по орбитам, близким к круговым (эксцентриситет не более 0,25), с малыми

наклонениями (не более 17°). У некоторых малых планет орбиты более вытянуты: эксцентриситет достигает 0,83, а наклонение к плоскости эклиптики — 52°. Кометы движутся по сильно вытянутым орбитам вплоть до близких к параболе и имеющим любые наклонения к эклиптике.

Таким образом, по этим характеристикам малые планеты занимают промежуточное положение между большими планетами и кометами. Следует иметь в виду, что только у 40 астероидов эксцентриситеты больше 0,34 и только у 100 астероидов наклонения больше 20°. С другой стороны, лишь у трех комет эксцентриситеты меньше 0,40. Если к этому добавить, что даже короткопериодические кометы имеют большие полуоси орбит от 3 до 18 а. е. (не считая комет Энке и Вильсона — Харрингтона), т. е. выходят далеко за пределы кольца астероидов, то станет ясно, что между этими двумя группами малых тел солнечной системы, по-види-

мому, нет прямого генетического сходства. Поэтому гипотезы о совместном образовании астероидов и комет, а также о происхождении астероидов из комет (были и такие) нужно отбросить.

Рассмотрим теперь такую важную характеристику, как масса астероидов. Надежных прямых определений масс этих тел пока еще нет, и нам придется воспользоваться косвенными оценками. Начнем с крупнейшего астероида Цереры. Зная диаметр Цереры — 770 км, предполагая ее форму шарообразной и принимая среднюю плотность 3 г/см³, получим массу $7 \cdot 10^{17}$ т, или $7 \cdot 10^{23}$ г*.

Для астероида размером в 1 км (типа Адониса или Гермеса) таким же путем найдем массу в $1,5 \cdot 10^{15}$ г. Сравним диапазон масс астероидов и других членов солнечной системы:

Большие планеты	$3 \cdot 10^{23}$ — $2 \cdot 10^{30}$ г
Малые планеты	10^{15} — 10^{24} г
Кометы	10^{14} — 10^{20} г

Итак, малые планеты значительно уступают по массе большим планетам, но вполне могут «состязаться» в этом показателе с кометами. Правда, массы комет известны нам очень неточно.

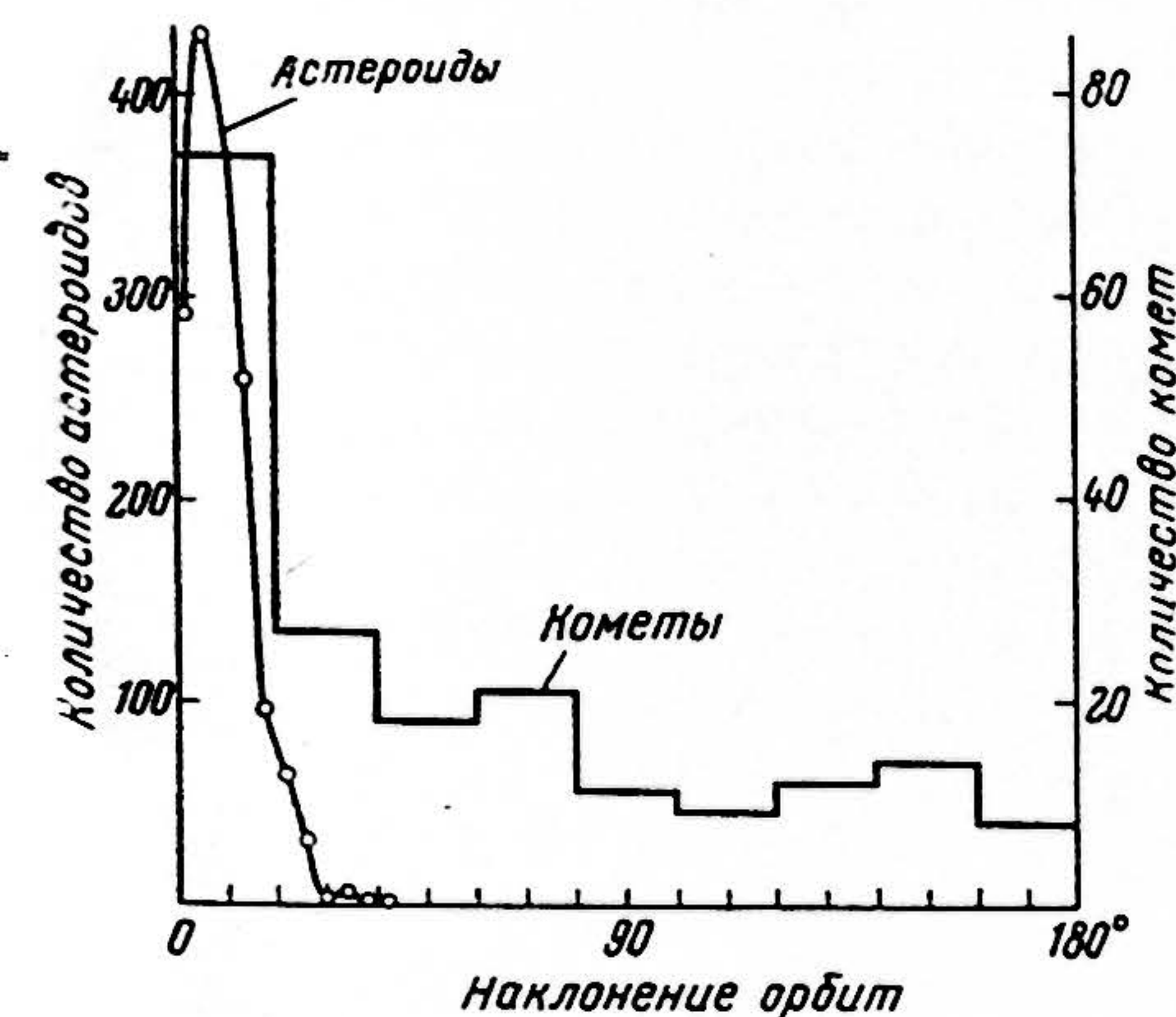
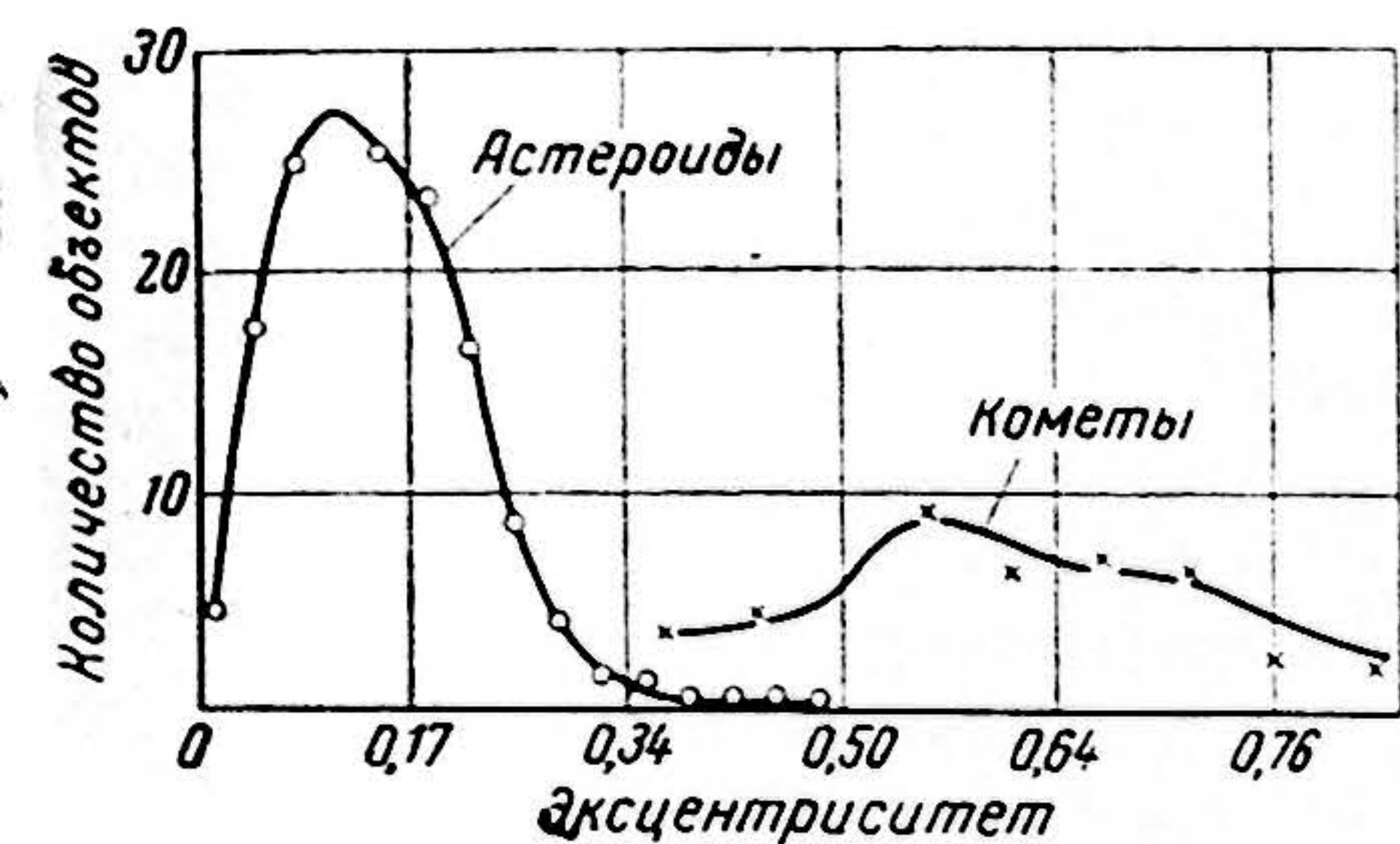
Лишь у самых крупных астероидов (типа Цереры) можно предполагать шарообразную форму. Наличие у некоторых малых планет периодических колебаний блеска заставляет считать их обломками неправильной формы, вращающимися с периодами от 2 до 9 часов. Непосредственные наблюдения астероида Эрот во время его приближения к Земле показали, что он имеет форму бруска длиной в 22 км и шириной около 6 км. Столь же неправильна форма и у астероида Икара, «габариты» которого 0,6 × 1,2 км.

СЕМЕЙСТВА ХИРАЯМА

Изучая распределение астероидов по элементам их орбит, К. Хираяма исходил из гипотезы Ольбер-

* Среди занумерованных астероидов всего 15 «троянцев», хотя в последние годы их открыто больше: для 29 «троянцев» вычислены орбиты, а общее их число, по данным обсерватории Маунт Паломар, достигает 700.

* Недавно И. Шуберт по возмущениям в движении Паллады за 165 лет определил массу Цереры, получив $1,3 \cdot 10^{24}$ г.



Распределение астероидов и комет с периодом, меньшим 20 000 лет, по эксцентриситетам (вверху) и наклонениям орбит (внизу). Заметно резкое различие в распределении обеих групп небесных тел

са о разрыве первичной планеты. Зная насколько велико влияние возмущающих сил, особенно от Юпитера, японский ученый решил выбрать для дальнейшего анализа такие сочетания элементов орбиты, на которых не сказывается действие вековых возмущений. Вычислив эти неизменные, или собственные, элементы для 1223 астероидов, Хираяма обнаружил пять групп малых планет с почти одинаковыми элементами. Он дал им название семейств, обозначив каждое по имени типичной малой планеты. Так появились семейства Фемиды, Эос, Корониды, Марии и Флоры. Впоследствии было найдено еще около 30 семейств, объединявших 450 астероидов. Существование семейств наводило на мысль, что астероиды каждого семейства имеют общее происхождение, иначе говоря, являются осколками некоторого более крупного астероида — «отца семейства».

Но так как известно несколько десятков семейств, то столько же, а то и больше было и «отцов семейств» — родительских планет. Значит, одним разрывом первичной планеты нельзя объяснить все многообразие орбит астероидов. Приходилось допустить серию последовательных разрывов: сначала первичной планеты на ряд довольно крупных осколков («отцов семейств»), потом этих осколков — на более мелкие (современные астероиды, входящие в семейства).

Именно такую гипотезу высказал в 1949 г. советский астроном И. И. Путилин, вычислив для всех астероидов, входивших в семейства, значение постоянной Якоби — величины с размерностью энергии, не изменяющейся под действием возмущений Юпитера. Эта величина равна той энергии, которую получил астероид при своем образовании. Равенство постоянных Якоби для членов семейств говорило о сходных условиях их образования. По разбросу же этих величин внутри семейств можно было определить скорости, приобретенные осколками при дроблении. Они составляли для семейств Фемиды, Эос, Корониды и Марии около 100 м/сек, для семейства Флоры — около 300 м/сек, для семейства Фокеи и других — несколько больше.

ИСТОРИЯ ДРОБЛЕНИЯ АСТЕРОИДОВ

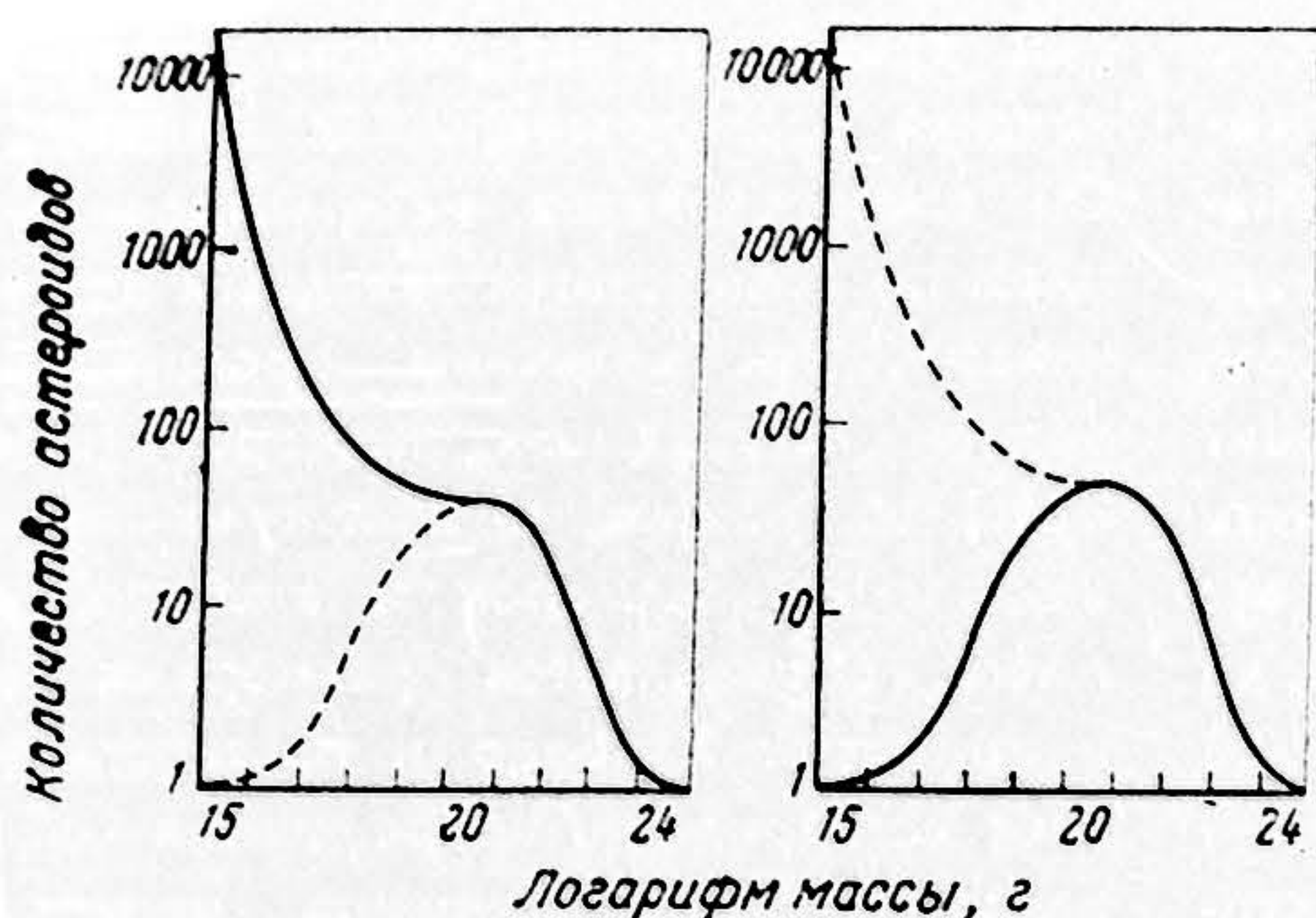
В течение последних 20 лет эту проблему исследовал методами небесной механики директор Шемахинской астрофизической обсерватории Г. Ф. Султанов. В своей докторской диссертации он показал, что многообразие орбит астероидов нельзя объяснить разрывом одной планеты, а лишь дроблением нескольких родительских тел. Г. Ф. Султанов установил, что всю совокупность астероидов можно разбить по значениям их собственных элементов на 12 групп. По разбросу элементов орбит астероидов одной группы Г. Ф. Султанов оценил скорость разлета осколков: она не могла превосходить 10% орбитальной скорости первичного тела.

Иначе подошел к изучению истории дробления астероидов американский исследователь Э. Андерс. Он воспользовался их распределением по абсолютным звездным величинам*. Эти величины пропорциональны логарифмам размеров (или масс) астероидов, поскольку их блеск зависит от размеров и альбедо, а масса определяется размерами и плотностью. Альбедо и плотность у всех астероидов Андерс считал одинаковыми, хотя изучение четырех крупнейших из них показывает, что это не совсем так.

Андерс построил график распределения астероидов по абсолютным звездным величинам. Оказалось, что распределение ярких астероидов соответствует гауссовой кривой, в то время как количество слабых убывает по мере перехода к ярким по логарифмическому закону. Тогда Андерс мысленно «собрал» астероиды, входящие в семейства Хираяма, в их родительские тела и нанес полученные для них точки на график. Они легли на гауссову кривую, а «населенность» логарифмической компоненты кривой уменьшилась. Андерс повторил операцию, «собрал» в единые тела распавшиеся и невыявленные семейства. Логарифмическая ветвь исчезла, оставив лишь гауссово распределение, соответствовавшее начальному состоянию. Отсюда Андерс сделал ряд интересных выводов. Во-первых, этапов (стадий) дробления было немного. Во-вторых, период полураспада (потери половины массы) астероидов равен примерно 6 млрд. лет, причем за последние 4,5 млрд. лет общая площадь их поверхности увеличилась за счет дробления лишь на 6%. В-третьих, период полураспада семейств Хираяма около 2 млрд. лет.

Работу Андерса продолжили в 1968 г. супруги Хартман. Приняв за начальное гауссово распределение

* Абсолютной звездной величиной астероида называется условная звездная величина, которую он имел бы, находясь в противостоянии на 1 а. е. от Земли и Солнца (условия, реально невыполнимые).



Распределение астероидов по массам (по Э. Андерсу): слева — истинное, справа — после «восстановления» родительских тел семейств. Распределение на каждой схеме показано сплошной кривой, пунктирная кривая проведена для удобства их сравнения. Симметричная кривая называется гауссовой; ветвь, спускающаяся сверху, — часть логарифмической кривой

астероидов по массе, полученное Андерсом, они рассмотрели, как изменялось это распределение. Оказалось, что родительскими телами современных обломочных астероидов были 5—30 тел с массами порядка 10^{21} г, испытавших от 4 до 18 дроблений.

С несколько иной точки зрения рассмотрел вопрос о дроблении астероидов американский ученый Дж. Донаньи. Исследовав механику столкновений и учтя их влияние на распределение обломков по массам при заданной скорости столкновений (или распределении скоростей), он пришел к выводу о степенном законе распределения обломков по массам. Показатель степени равен $11/6$, что очень близко к наблюдаемому показателю $9/5$. Такое распределение является стационарным, оно не меняется в ходе дальнейших дроблений, по крайней мере, для тел с массой меньше 10^{19} г. Более крупные тела будут медленно разрушаться: удары малых тел будут «соскабливать» с них слой в 1 м за 1 млн лет. Срок существования крупных астероидов измеряется миллиардами лет. Общая масса всех астероидов при таком распределении около $5 \cdot 10^{23}$ г, т. е. не больше массы Цереры. Ежегодно подвергается дроблению масса в 10^{15} г и кольцо астероидов в целом теряет (из-за больших скоростей обломков, возмущений от планет и т. д.) около $6 \cdot 10^{18}$ г.

Итак, применение самых различных методов анализа астрономических данных о кольце астероидов дало результаты, свидетельствующие против гипотезы единичного распада

одной планеты и в пользу гипотезы многократных дроблений. Но с чего начались эти дробления? Откуда взялись исходные тела?

КАК МОГ РАСПАСТЬСЯ ФАЗТОН

Гипотетическая планета Ольберса полтора столетия оставалась безымянной. Лишь в 1949 г. известный советский астроном С. В. Орлов дал ей имя Фазтон в честь несчастного сына бога Солнца Гелиоса, вздумавшего прокатиться на колеснице своего отца по небу и упавшего на Землю, когда кони понесли... Это название пришло.

В 1949—1950 гг. гипотеза распада Фазтона получила как бы второе рождение в трудах ряда крупных советских ученых: академика В. Г. Фесенкова, академика А. Н. Заварицкого, члена-корреспондента АН СССР С. В. Орлова, доцента И. И. Путилина и других. И самым трудным в то время считался вопрос: что привело к распаду Фазтона?

Академик В. Г. Фесенков в 1950 г. пытался объяснить распад Фазтона его сближением с Юпитером. Но чтобы планета разорвалась на части, она должна была подойти к Юпитеру очень близко. Между тем орбиты большинства астероидов весьма далеки от Юпитера. В. Г. Фесенков прекрасно понимал трудности своей модели и в дальнейшем отказался от нее.

Более сложную схему предложил в 1953 г. И. И. Путилин. Причиной разрыва он считал быстрое вращение планеты. При диаметре 6800 км и периоде вращения 2,6 часа центробеж-

ное ускорение может уравновесить ускорение силы тяжести. Произойдет отрыв наружных слоев планеты вблизи ее экватора. Дальнейшему распаду планеты способствовало давление газов изнутри. И. И. Путилин рассматривал не единичный разрыв, а ряд последовательных разрывов крупных осколков, из которых образовались затем семейства астероидов. Но эта модель разрыва Фазтона не удовлетворяла ученых — она не была обоснована физически.

Совсем иное, очень красивое объяснение распада Фазтона дал в 1955 г. одесский астроном профессор К. Н. Савченко. Он подошел к этому вопросу с позиций небесной механики. Допустим, что существовала планета Фазтон с пятью спутниками: Церерой, Палладой, Юноной, Вестой и Пятым спутником, самым далеким от планеты. Пятый спутник находился почти на границе сферы устойчивости Хилла*. Возмущения от Юпитера привели к тому, что Пятый покинул сферу Хилла, вышел за ее пределы и стал самостоятельной планетой. Но спустя многие миллионы лет он непременно должен был вновь войти в сферу Хилла планеты Фазтон, только на этот раз он быстро сблизился с планетой и упал на нее. От удара Фазтон распался на множество осколков, а Церера, Паллада, Юнона и Веста стали самостоятельными планетами.

К. Н. Савченко не успел опубликовать расчеты, сделанные им в подтверждение этой гипотезы. После выступления на кометно-метеорной конференции в Одессе, где была изложена эта гипотеза, он скоропостижно скончался. И хотя в гипотезе К. Н. Савченко дается единственное физически правдоподобное объяснение причин гибели Фазтона, она также сталкивается с трудностями. Как показывают расчеты, разбить планету размером с Марс при наиболее ве-

* Сфера Хилла — область пространства, где возможно устойчивое движение спутников планеты по отношению к возмущениям от Солнца. Для воображаемого Фазтона радиус сферы Хилла мог составлять 1,5—2 млн. км.

роятной скорости сближения 5—6 км/сек (вторая космическая скорость для Марса 5,1 км/сек) может тело, лишь втрое меньшее самой планеты,— тело диаметром около 2000 км. Для спутника Фазтона это многовато. Если же спутник был размером с Цереру, то скорость столкновения должна была достигать примерно 20 км/сек, К. Н. Савченко понимал это и предположил, что Пятый спутник, несколько раз проходя мимо Фазтона, каждый раз увеличивал скорость движения и угол встречи. К пятому прохождению он мог достичь скорости 17 км/сек—с такой скоростью и произошло столкновение. Но пока ученые спорили, как распался Фазтон, в нашей стране успешно развивалась гипотеза, вовсе не оставлявшая места планете Фазтон в солнечной системе,—гипотеза академика О. Ю. Шмидта.

АСТЕРОИДЫ И МЕТЕОРИТЫ

Большим недостатком гипотез, с которыми познакомился читатель, было то, что в них не учитывалась ве-

роятная связь астероидов с метеоритами. В самом деле, если мелкие астероиды образуются в ходе дробления сравнительно крупных тел при столкновениях их друг с другом, то при этом должны возникать и еще более мелкие осколки, которые мы не можем наблюдать астрономическими методами, но которые могут, встречаясь с Землей, падать на нее. Масса метеорита, образовавшего знаменитый Аризонский кратер, оценивается в 10^{11} г, что на четыре порядка меньше массы самых маленьких астероидов. На Земле обнаружены кратеры явно метеоритного происхождения гораздо больше Аризонского*. Диаметр некоторых из них (Босумтви, Рис, Вредефорт) измеряется десятками километров, а гигантского кратера Попигай в Сибири—около 100 км. Их могли образовывать тела массой в 10^{15} — 10^{18} г, т. е. астероиды типа Адониса или даже Эрота. Значит, массы гигантских ме-

* Е. Л. Кринов. Новое о метеоритных кратерах. «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г.

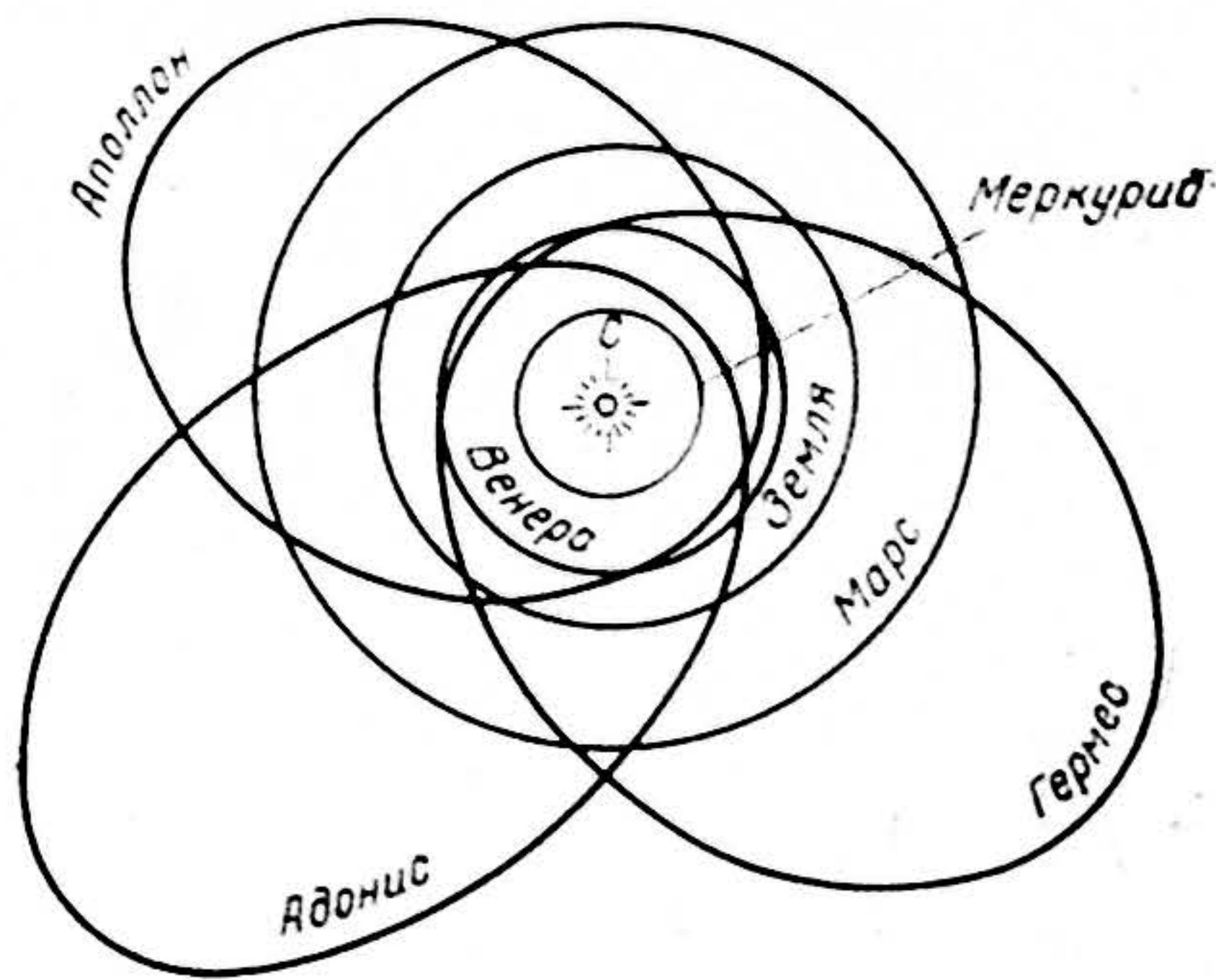
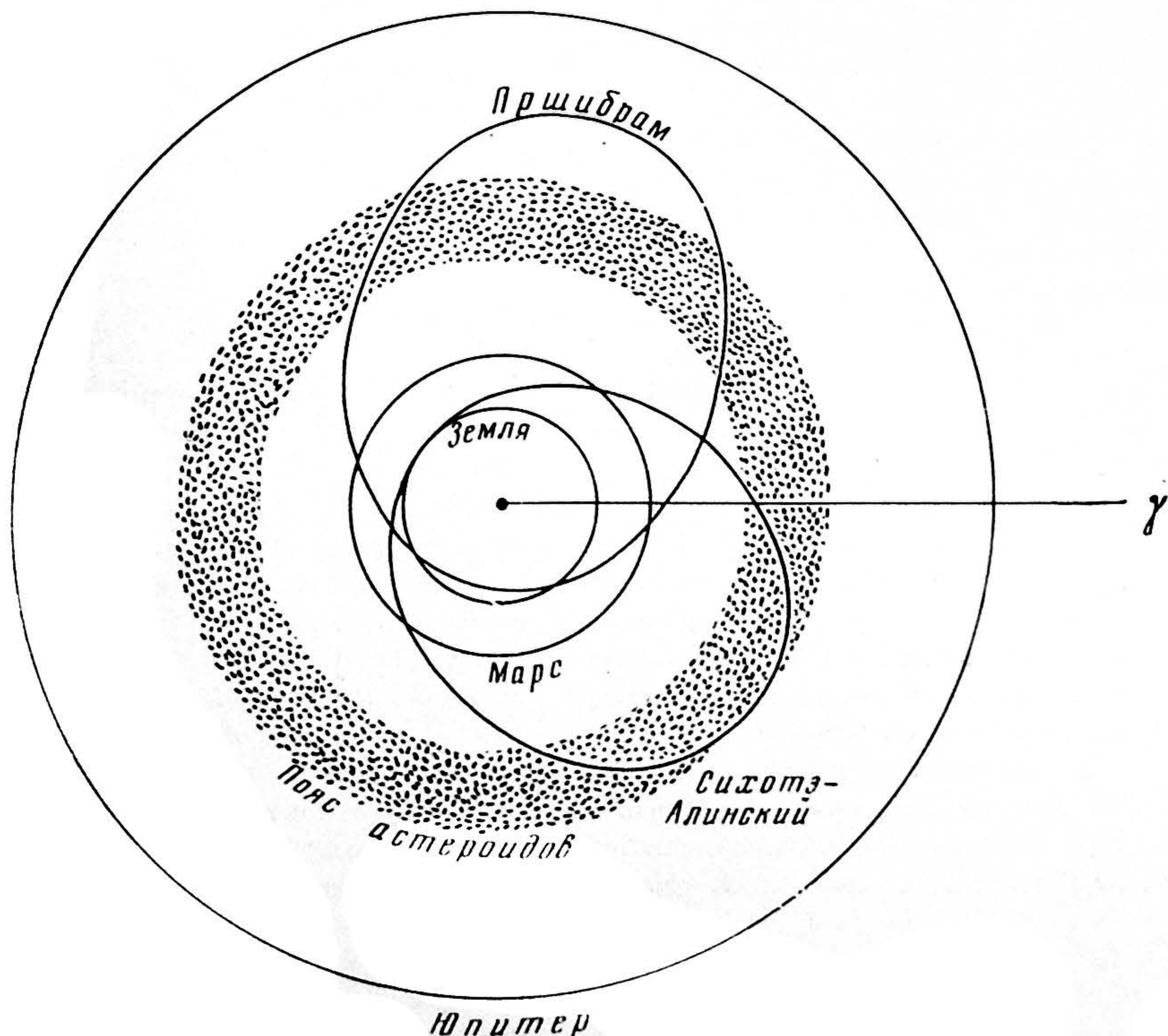
теоритов и маленьких астероидов не столь уж различны.

Если астероиды и метеориты имеют общую природу и происхождение, то для выяснения интересующей нас проблемы мы получаем богатейший набор фактов, относящихся к метеоритам: их распределение по размерам и массам, а главное—сведения об их структуре, химическом и минералогическом составе, возрасте.

«Родство» астероидов с метеоритами выявляется и из сравнения их орбит. Правда, известны орбиты лишь немногих метеоритов. Более или менее надежные орбиты вычислены для Сихотэ-Алинского метеорита и метеорита Пршибрам, сфотографированного при падении метеорным патрулем. Они напоминают орбиты астероидов типа Аполлона, заходящих внутрь орбиты Марса. То же можно сказать и о нескольких десятках орбит метеоритов, вычисленных с меньшей точностью: почти все эти метеориты приходили к нам из кольца астероидов. Известно, что метеориты никогда не бывают связаны с метеорными потоками, не обнаружена их связь и с кометами.

Итак, будем считать, что астероиды и метеориты имеют общее происхождение. Что может рассказать о нем исследование метеоритов?

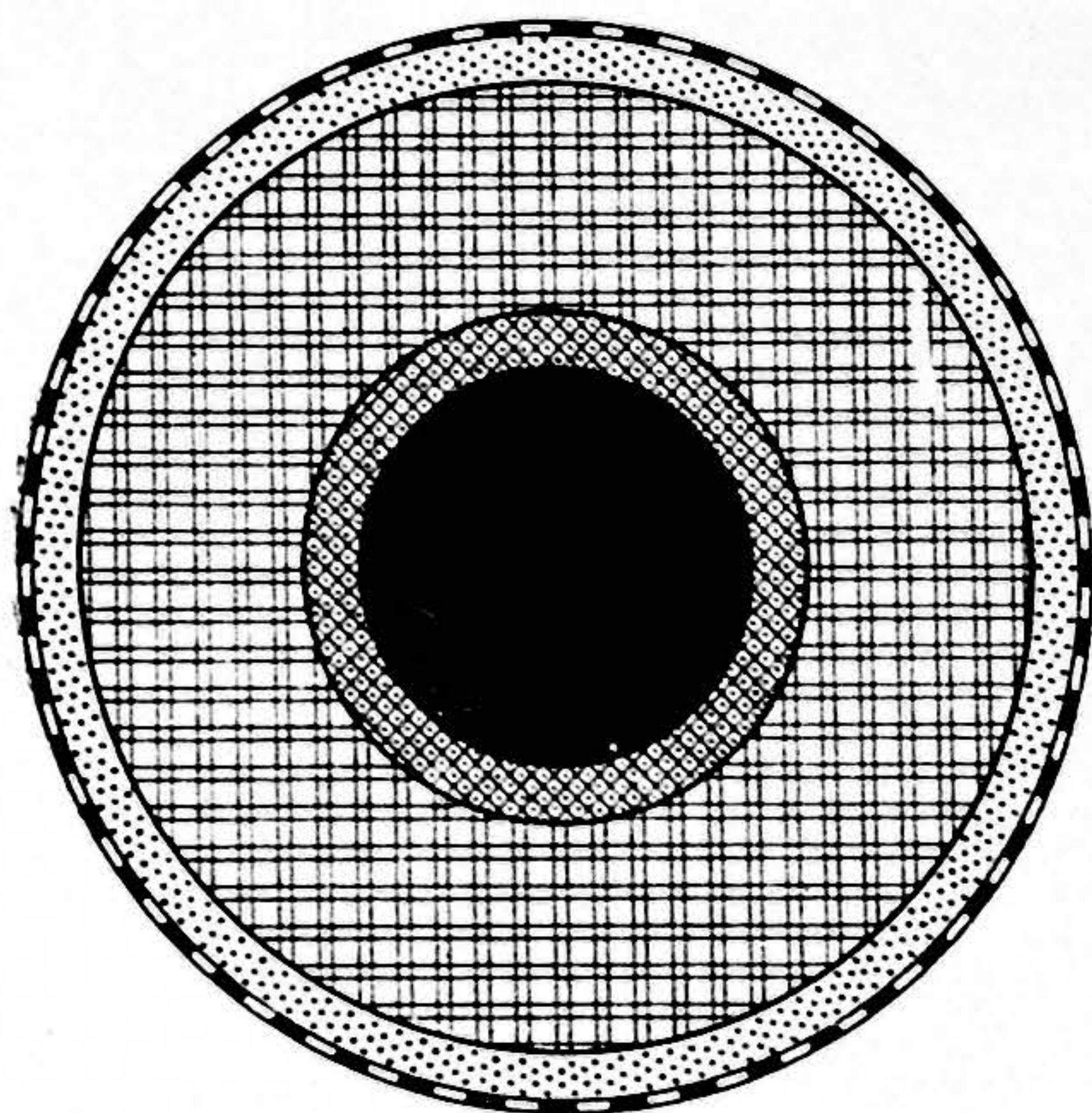
Одним из первых попытался привлечь современные данные метеори-

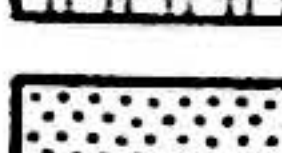


Орбиты метеоритов: Сихотэ-Алинского и Пршибрам (слева) и астероидов типа Аполлона (справа)

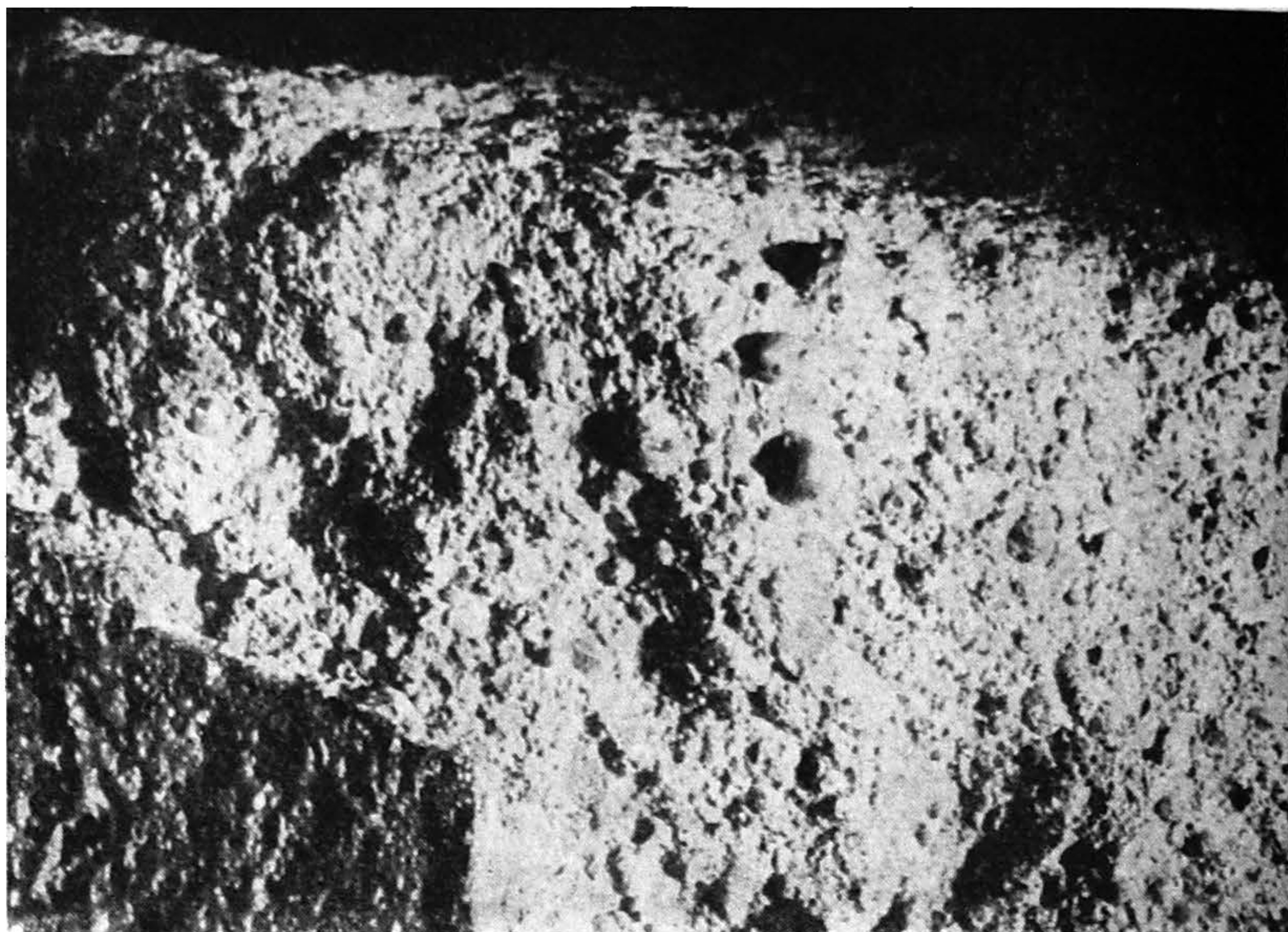
тики к решению этой проблемы академик А. Н. Заварицкий в 1948 г. Полагая, что железо-никелевые метеориты — осколки ядра Фазтона, железо-каменные — осколки промежуточного слоя, а каменные — осколки мантии, А. Н. Заварицкий построил модель разорвавшейся планеты. Ядро радиусом 1000—1200 км, или 40% радиуса планеты (у Земли—55%), занимает 6,5% ее объема. Выше находится переходная зона из силикатного вещества перидотитового состава со все возрастающей к центру примесью железа (как у железо-каменных метеоритов), толщиной 3,5% радиуса тела; затем — перидотитовая оболочка (мантия), близкая по составу к хондритам (наиболее распространенный класс каменных метеоритов) и занимающая 55% радиуса тела. И наконец, — кора, подобная базальтовой оболочке Земли и соответствующая по составу ахондритам — каменным метеоритам мелкозернистой структуры. На долю коры приходится 1,5% радиуса планеты, или 40—45 км.

Аналогичную «реконструкцию»



-  Железо-никелевое ядро
-  Железо-силикатная оболочка
-  Стекловатый перидотитовый слой
-  Кристаллическая перидотитовая оболочка
-  Базальтовый слой (кора)

Модель строения планеты Фазтон (по А. Н. Заварицкому)



Структура каменного метеорита — хондрита. Видны шарики — хондры и межхондровое вещество

предложил лет за пять до А. Н. Заварицкого американский метеоритолог Р. Дэли, оценивший из косвенных соображений радиус Фазтона в 3000 км.

Однако А. Н. Заварицкий прекрасно понимал, что мало механически сложить метеориты и астероиды в «материнскую» планету, разложив их по полочкам — слоям. Надо было объяснить особенности морфологии и состава метеоритов с учетом тех условий, которые должны были царить в каждом слое, приняв во внимание процессы, сопровождавшие распад планеты и отделение осколков. И тут возникли трудности и противоречия. Например, необходимо было допустить, что давление на границе железного ядра не меньше 150 000 атм. Но при таких давлениях не могли происходить фазовые превращения железа, приводившие к образованию известной видманштеттеновой структуры железных метеоритов.

Требовалось объяснить и еще одно явление. Подавляющее большинство метеоритов, наблюдавшихся при падении (92%), это — каменные метеориты, а среди них 95% — хондриты, как бы слепленные из маленьких шариков почти исключительно перидотитового состава — хондр, напоми-

нающих застывшие капельки расплавленного стекла. Промежутки между хондрами заполнены мелкозернистым веществом того же состава. В происхождении хондр А. Н. Заварицкий видел ключевую проблему, окончательное решение которой может приблизить и решение общей проблемы происхождения астероидов и метеоритов. Той же точки зрения придерживается доктор физико-математических наук Б. Ю. Левин, один из ближайших сотрудников и продолжателей космогонических исследований академика О. Ю. Шмидта. Но решение вопроса он представлял себе совсем иначе.

Прежде всего, в механизме образования хондритов и ахондритов, предложенном А. Н. Заварицким, выявились некоторые противоречия. Хондры, по А. Н. Заварицкому, образовались из капелек раскаленного тумана, в который превратилась мантия распавшейся планеты. С другой стороны, ее кора почему-то дробилась на твердые обломки — ахондриты. Остывание хондр должно было протекать очень быстро, иначе они успели бы выкристаллизоваться, тогда как у огромного большинства хондр наблюдается только начальная

стадия кристаллизации. В то же время железные капли, очевидно, не топорились остывать, а деформировались и «сливались» в более крупные частицы, поскольку в железных метеоритах хондры почти не встречаются. А. Н. Заварицкий считал, что при разрушении планеты, давшей начало метеоритам, имел место не взрыв, а какой-то другой процесс дробления, поскольку не происходило перемешивания. Рисуя довольно сложный механизм такого процесса, А. Н. Заварицкий отмечал в своем докладе на Первом совещании по космогонии (1951 г.), что при этом он вступает на почву научной фантазии.

Между тем к середине 50-х годов накопились новые факты, еще более осложнившие ситуацию. Было обнаружено деление даже однотипных метеоритов на группы, отличавшиеся по химическому и изотопному составу. Американский исследователь Г. Браун и его сотрудники, рассмотрев содержание в железных метеоритах галлия и германия, пришли к выводу, что метеориты образуют четыре группы. В 1953 г. Г. Юри и Г. Крейг разделили хондриты на две группы, различающиеся общим содержанием железа. В 1955 г. А. А. Явнель по данным о содержании никеля в металлической фазе нашел, что метеориты делятся на пять групп. Спустя десять лет по соотношению железа в различных формах (металлического, закисного и сульфидного) он выявил уже восемь групп хондритов*.

* Ряд аспектов проблемы происхождения метеоритов освещен в статье В. Г. Фесенкова «Основные успехи метеоритики». «Земля и Вселенная», № 6, 1968 г.

Минералы, встречающиеся в хондритах, могли образоваться, по оценке Г. Юри, при температуре не менее 1500°C . Это должно было происходить в каких-то «первичных» телах. Данные о содержании никеля в двух фазах никелистого железа (камасите и тэните) и о размерах их кристаллов показывали, что образование этих двух фаз происходило при медленном охлаждении твердого раствора никелистого железа до температур $450\text{—}650^{\circ}\text{C}$ и длилось $10^7\text{—}10^8$ лет. Чтобы объяснить эти особенности, Юри был вынужден допустить, что «первичные» тела дробились на мелкие обломки, часть которых расплавилась и образовала хондры. Обломки объединялись во «вторичные» тела астероидных размеров, те в свою очередь дробились и объединялись в «третичные» тела (так произошли брекчиевидные метеориты) и т. д.

С ПОЗИЦИЙ ГИПОТЕЗЫ ШМИДТА

Трудности, связанные с множественностью групп метеоритов, нельзя было недооценивать. Они говорили о том, что фазовые превращения в метеоритах разных групп достигли различных стадий, а это в свою очередь говорило о различии скоростей их охлаждения, а значит, и размеров родительских тел, из которых они образовались.

Сложная и не совсем ясная схема Юри значительно уступала в подходе к этому вопросу космогонической гипотезе О. Ю. Шмидта, в которой тела астероидных размеров являются закономерным этапом развития планет*.

* Б. Ю. Левин. Вопросы планетной космогонии наших дней. «Земля и Вселенная», № 6, 1967 г.

О. Ю. Шмидта, «вторичные» и «третичные» тела вовсе не последовательные «поколения», а тела, одновременно сосуществующие в обширном, но прошедшие различные пути развития из-за случайного характера столкновений.

Если Г. Юри и Г. Крейг в 1953 г. пытались объяснить две найденные ими группы хондритов тем, что астероиды произошли из двух родительских планет, а А. А. Явнель в 1955 г. — из пяти, то с точки зрения гипотезы О. Ю. Шмидта количество родительских тел ничем не ограничено.

В чем же причина, что вещество кольца астероидов не сформировалось в одну большую планету? Очевидно, главной причиной было возмущающее влияние Юпитера. Таким образом, кольцо астероидов скорее всего состоит не из осколков раздробившейся планеты, а напротив, из зародышей несформировавшейся планеты.

Как мы видели выше, расчеты процессов дробления астероидов показывают, что их возраст сравним по порядку величины с возрастом всей солнечной системы, который примерно равен возрасту старейших земных пород и метеоритов. Возрасты хондритов, не испытавших метаморфизма, составляют 4,3—4,5 млрд. лет. Следовательно, астероиды, Земля и, как теперь известно, Луна имеют примерно одинаковый возраст, т. е. образовались одновременно, в одном процессе. Такой процесс воссоздает нам гипотеза О. Ю. Шмидта.

И все же мы не можем считать проблему происхождения астероидов решенной. Исследования продолжаются.

Первая всемирная космическая выставка в Москве

Международная выставка по космонавтике, которая была организована в 1927 г. в Москве,— одна из памятных, но малоизвестных вех в истории космонавтики. Идея ее организации принадлежала коллективу

московских изобретателей, которые с 1925 г. объединились в клуб под названием «Ассоциация изобретателей-инвентистов» (от латинского «inventio» — изобретение) — АИИЗ.

Вся деятельность ассоциации ба-



Первое, что видели посетители выставки — это панораму, которая отражала распространенные в конце 20-х годов представления о характере рельефа Луны

зировалась на бескорыстном служении «всеизобретательству». Предполагалось создавать новое, необычное, технически смелое. И хотя за плечами «изобретателей-инвентистов» не было сколько-нибудь солидных научных познаний и практического опыта, они обладали энтузиазмом, безотчетной верой в успех своих начинаний. Ряды ассоциации пополнялись в основном молодежью из рабочих и служащих.

В клубе АИИЗ (нынешний адрес — ул. Горького, 28; прежний — Тверская, 68) читали популярные технические доклады, обсуждали изобретения своих товарищей, мечтали и спорили, делали сообщения об интересных технических новинках.

Председателем Ассоциации изобретателей был 26-летний Александр Сергеевич Суворов. Неизвестно, как сложилась бы дальнейшая судьба АИИЗ, если бы в начале 1926 г. в ассоциацию не пришли два изобретателя: москвич Георгий Андреевич Полевой и киевлянин Александр Яковлевич Федоров. Они предложили создать в АИИЗ секцию межпланетных сообщений, переименованную вскоре в Межпланетный отдел технического сектора. В качестве первого шага Межпланетный отдел провел заседание по случаю 45-летия со дня смерти выдающегося революционера-народовольца и изобретателя Николая Ивановича Кибальчища (1858—1881 гг.).

Почти все члены клуба изобретателей считали, что постройка космических кораблей и полеты на другие планеты — дело ближайших нескольких лет. В ожидании этих событий в АИИЗ были укомплектованы добровольные пассажирские коллективы для полета на Луну, а также группа «марсиан» из 30 человек, которые пожелали отправиться на Луну и Марс при первой же возможности. Капитаном этого «отряда космонавтов» единодушно избрали Г. А. Полевого.

После образования Межпланетного отдела члены АИИЗ стали считать своим основным делом изучение еще малоизвестных тогда работ К. Э. Циолковского для их распространения и пропаганды. Ассоциация изо-

бретателей сформулировала конкретный план действия по этим вопросам в письме к ученому 5 февраля 1927 г.

Тогда же Г. А. Полевой и А. Я. Федоров предложили организовать техническую выставку достижений отечественных и зарубежных ученых и изобретателей в области межпланетных сообщений. Все члены АИИЗ отлично понимали, что организация всемирной выставки по космонавтике в Москве в канун десятилетия Октябрьской революции — ответственная и почетная задача. Они с боль-

шим энтузиазмом встретили предложение Г. А. Полевого и А. Я. Федорова. К тому же члены АИИЗ считали, что выставка привлечет внимание к трудам К. Э. Циолковского, которому в 1927 г. исполнилось 70 лет.

Придумали и официальное название — «Первая Мировая выставка моделей межпланетных аппаратов и механизмов конструкций изобретателей разных стран».

Сейчас трудно сказать, вспомнил бы кто-нибудь об организации московских изобретателей, если бы не «Мировая выставка», оставившая свой



Общий вид одного из залов выставки

след в истории отечественной космонавтики.

Выставочный комитет, в состав которого вошли наиболее активные члены ассоциации, разослал приглашения ученым СССР, Австрии, Франции, Англии, Румынии, Германии и Америки.

Те из зарубежных ученых, кто получил приглашение АИИЗ, считали делом чести принять участие в московской космической выставке. Это была лестная и единственная в своем роде возможность показать свои труды, а главное обменяться научной информацией с коллегами. «Очень благодарю Вас,— писал американский профессор Роберт Годдард,— за предложение принять участие в межпланетном разделе выставки Ассоциации изобретателей». «Буду Вам очень признателен, если будете меня извещать о ходе дел. С почтением»,— писал Вальтер Гоманн. Другой немецкий инженер Макс Валье писал из Мюнхена: «Ваше письмо от 9 февраля с. г. меня очень обрадовало и я сделаю все от меня зависящее, чтобы пойти Вам навстречу...». «Сумеют ли профессора Рынин и Циолковский присутствовать на выставке? — спрашивал он в следующем письме.— Я буду очень рад с ними познакомиться... Не могу не восторгаться той смелостью, с которой Вы беретесь за решение мировых задач... в Германии для этого слишком консервативны*».

На приглашение АИИЗ откликнулся и видный в то время немецкий теоретик ракетной техники Роберт Ладеманн. «Я очень рад узнать,— писал он из Берлина,— что Вы хотите объединить в одной большой Мировой выставке все, что составляет прогресс Человечества»...**

В 20-е годы нашего века идеи межпланетных сообщений казались плодом безудержной фантазии романистов. Находились люди, которые эти идеи считали исключитель-

Экспозиция, посвященная автору первого в мире проекта ракетного летательного аппарата для полета человека — Николаю Ивановичу Кибальчичу

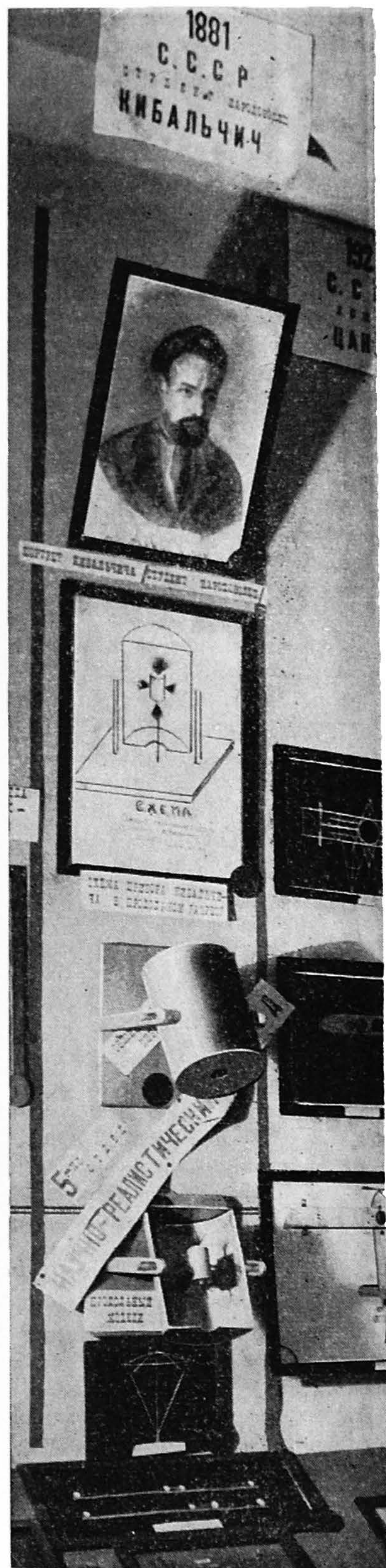
ной привилегией сумасшедших. Неудивительно поэтому, что возникла трудность с деньгами. Коллектив ассоциации энергично добывал необходимые средства. Во многом помогла находчивость О. В. Холопцевой. Благодаря ее инициативе и заботам при МВТУ имени Баумана была организована студенческая столовая, которую обслуживали члены АИИЗ. Правда, дохода от работы столовой и платных лекций едва хватило на самое скромное оформление.

Для выставки требовались декораторы, художники-рисовальщики, аппликаторы, нужны были столяры и жестянщики, маляры и макетчики, электрики и люди многих других профессий.

На помощь энтузиастам пришел главный художник-оформитель Москвы Иосиф Павлович Архипов. Несмотря на молодость он уже имел достаточный опыт по оформлению праздничного убранства города. В дни всенародных торжеств транспаранты И. П. Архипова неоднократно украшали Красную и примыкающие к ней Манежную и Театральную площади.

Выставка должна была разместиться в двух смежных залах клуба АИИЗ площадью 20 и 50 м². Большой подвал под основным помещением превратили в мастерскую для изготовления моделей и других экспонатов.

Работа кипела и днем и ночью. Некоторые плакаты, схемы и модель межпланетного корабля-аэроплана были собственноручно изготовлены Фридрихом Артуровичем Цандером. И. П. Архипов ваял гипсовый бюст К. Э. Циолковского. Предварительно ему пришлось трижды ездить в Калугу, чтобы сделать карандашные эскизы и зарисовать ученого. Скромному и неизбалованному вниманию Константину Эдуардовичу эта затея была не по душе. Кроме того, «скульптурные» сеансы требовали



* Архив АН СССР, ф. 555, оп. 3, д. 38, л. 1—2.

** Копия хранится в фонде Музея истории космонавтики в Калуге.

времени, которым он чрезвычайно дорожил. Поэтому часто, отказываясь позировать, ученый с досадой повторял: «Не делайте из меня идола!» Все-таки И. П. Архипову удалось выполнить работу, а заодно написать картину «Циолковский в момент творческой работы в своей лаборатории». Бюст дорабатывался в Москве в помещении АИИЗ. Насколько известно, это было первое прижизненное скульптурное изображение ученого, заложившего теоретические основы современной космонавтики и ракетной техники.

Утром 24 апреля в витрине клуба установили большую картину, изображавшую лунную панораму. По первоначальному замыслу И. П. Архипова, его картина должна была служить лишь декорацией витрины и выполнять чисто рекламные функции. В действительности она отражала научное представление того времени о характере лунного ландшафта... Вечером выставка открылась.

Вход на выставку был бесплатным. Обязанности экскурсоводов выполняли А. Я. Федоров, Г. А. Полевой и А. С. Суворов. После просмотра посетителям, наиболее заинтересовавшимся выставкой, вручали пачку брошюр со статьями К. Э. Циолковского также, разумеется, бесплатно.

Отечественные изобретения были представлены работами одного из пионеров ракетной техники Н. И. Кибальчица, видного советского инженера и ученого Ф. А. Цандера, основоположника космонавтики К. Э. Циолковского, изобретателей Г. А. Полевого, А. Я. Федорова и других.

Почти все виднейшие теоретики и практики ракетной техники того времени прислали в Москву свои работы, а члены выставочного комитета по техническим описаниям, чертежам, эскизам и фотоматериалам изготовили различные наглядные пособия, муляжи и макеты.

Творчеству К. Э. Циолковского здесь было уделено самое большое внимание. На специально изготовленном возвышении размещался бюст ученого. Его труды по космонавтике обрамляли скульптурный портрет.



Экспонаты, рассказывающие о творчестве Константина Эдуардовича Циолковского

Перед экспозицией повесили плакат—«К. Э. Циолковский, профессор, доктор математики».

Внушительное впечатление на посетителей производила модель ($1/20$ натуральной величины) атомо-ракетного корабля А. Я. Федорова, выполненная после консультации у К. Э. Циолковского.

Большой интерес проявили экскурсанты к жизни и творчеству К. Э. Циолковского, к работам отечественных и советских изобретателей. Возле экспозиции трудов ученого постоянно толпились посетители, которые внимательно слушали захва-

тывающее повествование об идеях великого калужанина.

Четыре самостоятельных раздела выставки (периода) последовательно отражали развитие идеи межпланетных сообщений от фантазий романистов Жюль Верна и Герберта Уэлса до теоретических основ Циолковского, инженерных расчетов Цандера и первых экспериментов Годдарда. По принятой терминологии выставочного комитета, экспозиции отражали научно-фантастический, научно-реалистический, теоретический и изобретательно-конструкторский периоды. Здесь кратко рассказывалось об ис-

Эту экспозицию готовил Фридрих Артурович Цандер — первый инженер в нашей стране, который всю жизнь посвятил решению проблем ракетной техники

тории развития астрономии от Галилея, Коперника и Кеплера до наших дней. Современные астрономические воззрения были представлены общим видом солнечной системы, картинками планет и туманностей, пейзажами Луны.

В залах выставки можно было получить сведения по метеорологии, познакомиться с загадочными явлениями в верхних слоях атмосферы, узнать о путях движения планет, увидеть схемы траекторий, познакомиться с данными об объеме, массе, площади, диаметре и другими характеристиками небесных тел.

Здесь показывали «пушку» Жюль Верна «кеворит» Герберта Уэллса, экранирующий тело от земного притяжения, предполагаемые жилища инопланетян. Посетители как бы наблюдали полет воображаемых ракет в космическом пространстве. Любовно выполненные экспозиции рассказывали и о предполагаемых методах использования лучистой энергии для межпланетных сигнализаций, и о проектах применения радиоволн и солнечной энергии для нужд космонавтики.

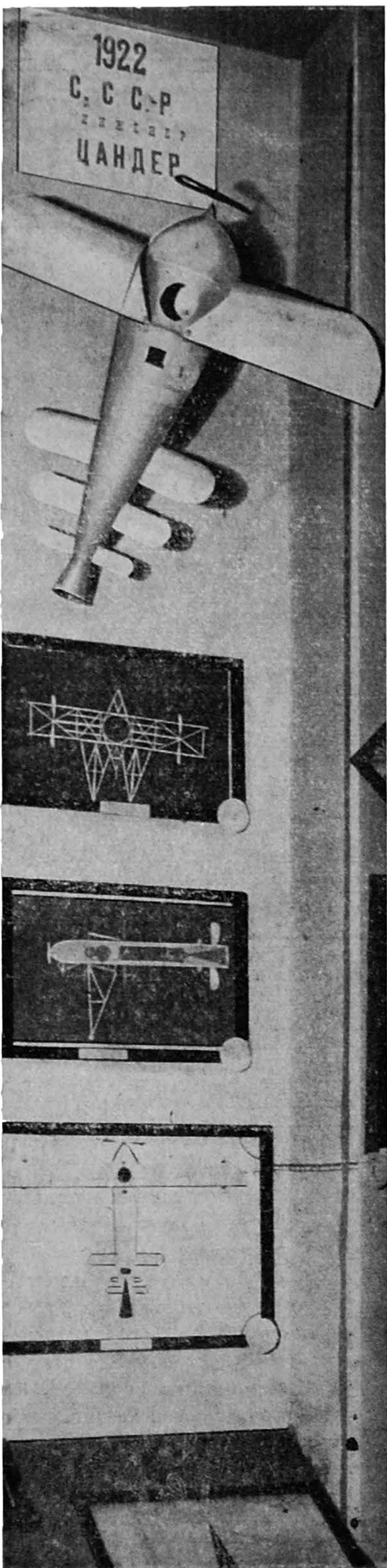
Можно было познакомиться с работами зарубежных ученых и любителей: архитектора из Эссена, талантливого математика Вальтера Гоманна, видного теоретика и практика космонавтики Германа Оберта (1894), мюнхенского механика-конструктора, астронома и пропагандиста идеи межпланетных сообщений Макса Валье, берлинского юриста и изобретателя оригинальной космической ракеты Германа Гансвинда, французского ученого-изобретателя и летчика, занимавшегося теорией реактивного движения Робера Эно-Пельтри, астронома и популяризатора космонавтики Камилла Фламариона, инженеров Фора и Графиньи, австрийских изобретателей Франца Улинско-

го и Роберта Ладемана, английского инженера и писателя Эрнста Уэльша, американских инженеров Никольса, Гуля и одного из пионеров ракетной техники, американского профессора Роберта Годдарда.

Целых два месяца на Тверскую 68 шли потоки людей. В конце июня Первая Мировая выставка по космонавтике официально закончила свою работу.

За это время выставку посетило около 12 000 человек. АИИЗ в организованном порядке устраивал групповые экскурсии по заявкам различных организаций. Среди посетителей выставки были рабочие и шахтеры, инженеры и ученые, студенты и служащие, люди самых различных профессий. «Посетителей было много,—вспоминает О. В. Холопцева,—бывали на выставке и «именитые гости». Ф. А. Цандера мы считали «своим». Он сам размещал свои экспонаты и не раз приходил на выставку и давал пояснения. К нам заходил поэт В. В. Маяковский, будущие крупные ученые М. К. Тихонравов и Ю. А. Победоносцев, профессор астрономии С. В. Орлов. Не обходили нас своим вниманием и журналисты: пресса того времени давала обширную информацию о выставке. Интересовались нашей экспозицией знаменитые артистки Нежданова и Обухова. По специальному поручению К. Э. Циолковского с экспонатами подробно познакомился друг ученого, профессор А. Л. Чижевский. Одним словом, успех выставки у широких масс советской общественности превзошел наши самые смелые ожидания».

Почитатель К. Э. Циолковского и будущий автор всемирно известного труда «Межпланетные сообщения» профессор Н. А. Рынин писал, обращаясь к устроителям выставки: «...Не могу не выразить удивления, как Вам с ничтожными средствами удалось организовать такую интересную и богатую материалами выставку, которая, несомненно, во многих посетителях ее должна была возбудить ряд вопросов научно-технического характера и пробудить в них интерес к астрономии, проблеме межпланетных сообщений и к выработке миросо-



зерцания вообще»*. Н. А. Рынин дал объективную оценку выставке. Она пробудила большой интерес к зарождающейся космонавтике.

По окончании работы выставки в подарок К. Э. Циолковскому изготовили и отправили в Калугу большой фотоальбом о выставке вместе с гипсовым бюстом ученого. Эти дорогие реликвии и сегодня можно увидеть в Государственном мемориальном доме-музее К. Э. Циолковского в Калуге.

Аналогичный альбом фотографий и часть других материалов были посланы в Ленинград профессору Н. А. Рынину, который вскоре и опубликовал их почти целиком в различных выпусках своей уникальной работы «Межпланетные сообщения».

Так сохранились и дошли до нас документальные крупницы упоминаний о первой мировой выставке.

* Фонд Музея истории космонавтики имени К. Э. Циолковского в Калуге. Письмо Н. А. Рынина от 24 января 1928 г. в АИИЗ.

К настоящему времени, кроме бюста К. Э. Циолковского, не осталось ни одного из 208 экспонатов. Все модели, муляжи, картины, схемы, графики и аппликации, хранившиеся на даче у И. С. Беляева в Ильинском, под Москвой, погибли во время Великой Отечественной войны.

Значительно лучше видится на удалении. Сейчас, через 43 года, мы не склонны преувеличивать истинное значение и влияние этой международной выставки на развитие научно-технических идей по космонавтике. Но, безусловно, что тематика выставки опережала технические возможности того времени, а ее пропагандистское значение, широкая популяризация в СССР и за рубежом имени и трудов нашего великого соотечественника К. Э. Циолковского было огромно. Идеи ученого получили новое признание и подтверждение. Во второй половине 30-х годов в основном началось

дальнейшее развитие отечественных работ в области ракетной техники, ибо идеи К. Э. Циолковского приобрели новых сторонников. Их подхватили и понесли дальше его последователи и ученики.

Не лишне напомнить, что Ю. А. Гагарин высоко ценил деятельность организаторов выставки АИИЗ и считал, что они по праву принадлежат к «нашей семье... космонавтов...», внесших свой вклад в развитие космонавтики*.

Упоминания о выставке встречаются в советской и зарубежной литературе.

Все это еще раз подчеркивает историческую значимость итогов работы выставки. И сейчас, в 10-ю годовщину первого полета человека в космос, мы еще раз по достоинству оцениваем ее деятельность и отдаем заслуженную дань уважения ее участникам и устроителям.

Б. М. ЦИРКОВ

* Г. С. Титов. Авиация и космос. М., 1963, стр. 199—200.

ВОСЬМИКЛАССНИКИ ЗНАКОМЯТСЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ КОСМОНАВТИКИ И АСТРОНОМИИ

Анализ программы для средней общеобразовательной школы* показывает, что приобщать учащихся к астрономическим знаниям можно не только на уроках астрономии в 10 классе, но и гораздо раньше, на уроках природоведения, географии и физики. Реализуется ли эта возможность в новых учебных пособиях?

С 1970/71 учебного года восьмиклассники изучают физику по новому учебному пособию**. На его об-

* Е. П. Левитан. Вопросы астрономии и космонавтики в новой десятилетней средней школе. «Земля и Вселенная», № 5, 1969 г.

** И. К. Кикоин, А. К. Кикоин. Физика. Учебное пособие для 8 класса средней школы. «Просвещение», М., 1970 г.

ложке и титульном листе изображен космический корабль и рядом с ним — космонавт в скафандре. Рисунки как бы напоминают, что в курсе физики отражены достижения космонавтики и астрономии. И это действительно так: в той или иной степени вопросы астрономии и космонавтики затрагиваются во многих параграфах книги. Они знакомят учащихся с движением искусственных спутников Земли; перегрузками и невесомостью; с реактивным движением и работами К. Э. Циолковского; с первой и второй космической скоростями; с движением Земли и планет; взаимодействием планет с Солнцем и Луны с Землей; с обращением Земли и Луны вокруг их общего центра масс. В пособии приведены формулы для вычисления центростремительного ускорения

Луны и Земли, а также периодов обращения планет; говорится о наблюдениях, проводившихся Тихо Браге, о законах движения планет, установленных Иоганном Кеплером, об открытии Нептуна и Плутона и т. д.

Элементы космонавтики и астрономии, изложенные в книге, соответствуют интересам учащихся, отражены с необходимой полнотой и в то же время доступно для восьмиклассников. Об этом свидетельствуют исследования, проведенные автором в Средней школе № 37 города Рязани.

Включение вопросов космонавтики и астрономии в курс физики, безусловно, актуально. Оно побуждает учащихся к чтению дополнительной литературы и углубленному изучению космонавтики и астрономии на кружковых и факультативных занятиях. Все это поможет школьникам впоследствии осмыслить и хорошо усвоить курс астрономии, который преподается в 10 классе.

В. П. КАРНИЦКАЯ



УПОЛНОМОЧЕННЫЙ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ
СЕРЫ И ЗЛОВОНΙΑ



Договор

У. СЭНДЕРС

История о том, как Асмодей, несмотря на весь скептицизм современной науки, пришел к выводу, что некоторые старинные легенды — чистая правда, и о том, как ему удалось разыскать нужные книги, — все это само по себе интересно. Но не об этом сейчас речь.

Немало времени прошло, прежде чем он раздобыл все необходимые

ингредиенты, а главное — собрался с духом. Наконец минута настала...

Асмодей вышел из-за своего обсидианового стола и запер дверь. Подойдя к окну, он посмотрел, не пролетает ли кто мимо. Впрочем, это было маловероятно: как уполномоченный по производству серы и зловония Асмодей занимал третий снизу этаж административного небоскреба, а летать так низко мало кому разрешали. Он увидел лишь привычную пустынную равнину, там и сям озаренную пламенем, и услы-

Сокращенный перевод с английского А. Д. Иорданского.

шал, как над всеобщим гомоном раздался громкий вопль агонии.

— Ля-бемоль,— определил он и закрыл окно.

Не теряя времени, чтобы, чего доброго, не передумать, Асмодей открыл ящик стола и достал старинный полуистлевший фолиант в переплете из драконовой кожи. Раскрыв его, он еще раз просмотрел нужные места, потом приготовил все, что могло понадобиться, и приступил к работе.

Первый этап процедуры был неприятен, но терпим,— нужно было прочитать молитву с конца до начала. Дальнейшее было ужасно, но после совершения нужных действий Асмодей пришел в несколько ошеломленное состояние и все остальное проделал почти механически. Он отчасти пришел в себя лишь тогда, когда следовало начертить в пространстве поверхность Мебиуса.

— Приди! Приди! Приди! — провозгласил он уже довольно дерзко.

Вспыхнул яркий свет, а когда Асмодей вновь обрел способность видеть, внутри магического круга стоял человек. Асмодей задрожал и отшатнулся.

Конечно, заклинание должно было подействовать. Но когда это произошло на самом деле... Он закурил сигару, глубоко затянулся и только тогда почувствовал себя в силах взглянуть на того, кого он вызвал.

Асмодей считал себя довольно красивым дьяволом. А человек, даже в сравнении с ним, не казался таким уж омерзительным. Он был примерно такого же роста, тоже с двумя руками и двумя ногами, только без рогов, крыльев и хвоста. Экземпляр попался пожилой, худой и лысый, и кожа его была похожа на старый пергамент. Что же в нем было такого ужасного? Вглядевшись получше, Асмодей понял: глаза! За толстыми стеклами очков светилось что-то необычное. А еще глубже таилась душа... Асмодей с трудом поборол зависть.

Человек некоторое время повертелся, пытаясь сойти с поверхности Мебиуса, но это ему не удалось. Тогда он успокоился и стоял, скрестив руки на груди, поджав губы и

вглядываясь в окружающую тьму, прорезаемую вспышками пламени. Заметив Асмодея, он кивнул головой.

— Никогда не верил в эту чепуху,— сказал он, сухо усмехнувшись.— Но это не сон. Слишком много подробностей. Кроме того, стоит мне понять, что я сплю и мне снится сон, как я просыпаюсь. Придется здравому смыслу отступить перед фактами. Они действительно имеют форму блюда?

— Кто? — разинул рот Асмодей.

— Ваши космические корабли.

— Космические корабли? — Асмодей начал припоминать все человеческие языки всех времен в поисках этого слова.— А, понимаю. Нет, это не космический корабль.

— Да? Что же это такое? А, вспомнил. Гиперпространственный скачок — так, кажется, это называется в современной фантастике? Я прекрасно понимаю, что это математический абсурд. Но, во всяком случае, вы, вероятно, имеете какой-то способ перенести меня на вашу планету?

— На мою планету? У меня нет никакой планеты,— ответил еще более озадаченный Асмодей.— Я хочу сказать... ну, в общем, я появился еще в те времена, когда все только начиналось, когда еще не было планеты, под которой можно было родиться. Даже знаков Зодиака не было.

— Минуточку! — взъерошился человек, насколько может взъерошиться существо, совершенно лишенное волос.— Может быть, в технологическом отношении наша цивилизация и отстала от вашей, но почему вы такого низкого мнения о нашем разуме? Мы установили, что Вселенная возникла не менее пяти миллиардов лет назад.

— Верно. Точнее, 8 753 271 413,— кивнул Асмодей.

— Что? Ну вот, и вы нагло утверждаете, что таков ваш возраст? Но ведь даже с точки зрения теории информации это предположение...

— Эй-эй! — перебил его Асмодей.— Подождите немного, милорд, гражданин, товарищ... как вы там сейчас себя называете?

— Можете называть меня просто «мистер». Мистер Хобарт Клипп. Ни один нормальный доктор наук не позволяет называть себя доктором. Иначе каждый идиот, с которым его знакомят, начинает тут же перечислять свои болезни.

— Мистер Клипп,— Асмодей почувствовал, как к нему возвращается его обычная учтивость,— рад с вами познакомиться. Меня зовут Асмодей. Позвольте объяснить положение вещей. Я — тот, кого вы называете падшим ангелом, демоном, дьяволом...

Хобарт Клипп выпрямился и поднял костлявый кулак.

— Я не позволю вам, сэр, смеяться надо мной! Я не суеверный варвар — я уже много лет агностик и республиканец!

— Что же, так и должно быть,— заметил Асмодей.— Случайных людей мы вызывать не можем. Нас посетили во плоти очень немногие смертные. Вот, например, Данте. Но и он был с сопровождающим. Я смог вызвать вас благодаря сродству. Это не значит, что у вас погибшая душа или даже что она таковой станет. Просто у вас соответствующий... хм... склад ума.

Клипп слушал с возрастающим изумлением.

— Вы что, хотите сказать, что мы... мы в преисподней? Не может быть! Я мирный астроном, старый холостяк, люблю кошек и голосую только за кандидатов своей партии. Я признаю, что терпеть не могу детей и собак, но никогда, никого из них не обижал. Да, я принимал участие в научных дискуссиях и иногда приходилось переходить на личности, но по сравнению с обычными распрями между соседями это выглядело совершенно безобидно!

— О, конечно,— сказал Асмодей,— сродство заключается только в вашей, так сказать, отчужденности. Вы живете только этой — как вы ее назвали? — астрологией...

— Сэр! — заорал Хобарт Клипп так, что задрожали стены. Последовала гневная отповедь, от которой демон съежился и зажал уши. Когда пыль осела, он продолжал:

— Как я говорил (да-да, приношу

свои извинения, я просто оговорился!), ваша главная страсть,— очевидно, неистощимая научная любознательность. Вы не чувствуете особой привязанности ни к одному смертному, ни к самому человечеству, ни к нашему... скажем, уважаемому противнику. Ни к нам, конечно. Вы лишены духовных корней. Именно благодаря этому я и смог вас вызвать.

— Думаю, что вы говорите правду,— задумчиво сказал Клипп.— Не могу себе представить, чтобы пришелец с иной планеты вздумал бы морочить мне голову такой ерундой. Больше того, я замечаю, что здесь не действуют некоторые законы природы. В любой сколько-нибудь логичной Вселенной вы не могли бы летать на этих нелепых крыльях.

Тщеславный демон с трудом удержался от резкого ответа.

— Но скажите мне,— продолжал Клипп,— как же возможно бессмертие? Ведь даже для того, чтобы записать ваш опыт хотя бы за тысячелетие, понадобились бы все до единой молекулы ваших нервных клеток. Я уж не говорю про обработку такой массы данных...

— Духовное существование не связано физическими законами,— сердито ответил Асмодей.— Я вовсе не материален.

— Ах, вот что? Понятно. Тогда вы, естественно, можете существовать в любой материальной среде, путешествовать с любой скоростью и так далее,— продолжал Клипп с возрастающим интересом.

— Да, конечно. Но позвольте...

— И Вселенная в самом деле была сотворена в определенный момент?

— Конечно. Я же вам говорил. Но...

У Клиппа заблестели глаза.

— О, если бы это слышал Хойл!..

— Давайте перейдем к делу,— прервал его Асмодей.— Вот мое предположение. Вы — материальное существо в нематериальном мире, поэтому можете проникать сквозь препятствия, не бояться насилия, двигаться с любой скоростью точно так же, как я по Земле. Когда я вас отпущу, вы появитесь в смертной

Вселенной не только в той же точке, но и в тот же момент времени.

— Это хорошо,— сказал Клипп.— Признаться, это меня несколько беспокоило. Я находился в обсерватории и экспонировал пластинки. Интереснейшее исследование, а мне дают всего одну ночь в неделю! Ведь если я получу нужные данные, моя теория звезд типа Вольфа—Райе... Кстати, как вам нравится эта идея? При внутризвездных температурах обычно запрещенные переходы в атоме...

— Замолчите и слушайте меня! — взревел Асмодей.— Кто кого вызвал, в конце концов? Вы должны выполнить мое поручение. За это я сделаю вас самым богатым человеком на свете.

— Ах, вот что,— Клипп присел на корточки.— Значит мы добрались до сути дела.

Он потер подбородок рукой, испещренной старческими желтыми пятнами.

— Но богатство... Нет, зачем? У меня есть более интересные дела, чем сидеть в скучном кабинете и принимать унылых чиновников налогового ведомства. И скажите мне, ради бога, на что я истрачу то, что останется после них?

Асмодей содрогнулся.

— Выражайтесь осторожнее,— сказал он.— Ну, я мог бы сделать вас еще и молодым. Знаете, вино, женщины, песни...

— А вы представляете себе, насколько неинтересны даже самые интеллигентные женщины? — проворчал Клипп.— Я ведь однажды чуть не женился. Она работала в Гарварде и напечатала довольно приличную статью о затменных двойных звездах. Но когда она начала болтать о платье, которое видела в витрине... Алкоголем я себя дурманить не люблю, а что касается песен, то мое пение далеко уступает записям из моей обширной фонотеки...

— А бессмертие?

— Я только что сказал вам, что физическое бессмертие более чем бессмысленно. А что касается духовного, то если верить вам, я, к моему удивлению, им обладаю.

Асмодей почесал между рогов.

— Так что же вы хотите?

— Я должен подумать. А что вы хотите?

— Ага,— облегченно сказал Асмодей и сел за стол.— Это очень просто объяснить, хотя должен предупредить, что выполнить мою просьбу нелегко и даже болезненно. Скоро у нас выборы...

— О, а я думал, что Сатана — вечный верховный правитель ада.

— Так оно и есть,— Асмодей почтительно склонил голову.— Нашим владыкой, как всегда, останется Отец Зла. Но за все остальные посты идет горячая схватка. Тут дело касается политики.

— Разве может быть в аду какая-нибудь политика, кроме совращения человеческих душ?

— Хм... нет. Но методы меняются. Так вот, я считаю, что нынешняя доктрина идеологических распрей на Земле достигла точки, за которой отдача начинает уменьшаться. У меня есть статистические данные, показывающие, что одно только отчаяние каждый год заставляет все больше людей обращаться к... Ну, в общем, отворачиваться от нас. Это напоминает духовный подъем в поздне-римскую эпоху. И я содрогаюсь, представляя, что может случиться в недалеком будущем. Но со мной не согласен Молох и его последователи — эти слепые, тупые, необразованные, безграмотные изменники, ревизионисты и орудия небесных...

— Довольно!.. — вздохнул Клипп.

Асмодей подавил возмущение и с увлечением продолжал:

— Такова картина. Нужны более тонкие методы. Автоматизация и приближающаяся 30-часовая рабочая неделя открывают перед нами такие возможности, каких мы не имели со времен Вавилона. Но чтобы использовать их, нужно добиться смягчения международной напряженности. Вот чего не видят сторонники Молоха, если они на самом деле не подкуплены...

— Довольно, я сказал! — оборвал его Клипп.— Я слишком стар, чтобы терять время на болтовню. Что именно вы от меня хотите?

— Печать Соломона! — выдохнул Асмодей.

— Что-что?

— Тысячу лет назад она была еще на Земле. Я не буду излагать все трудности, с которыми была связана доставка ее сюда, и не буду говорить, чем это кончилось. В конце концов решили ее изолировать. Сам Владыка Ада поместил ее в Огненный Источник. Ни один демон не может приблизиться к Источнику: там самое горячее пламя во всем аду.

— Но я...

— Вы смертный, и огонь не принесет вам физического вреда. Правда, вы испытаете духовные муки. Я предлагаю вам разбежаться, нырнуть в огонь, и инерция понесет вас дальше. Вы увидите алтарь, а на нем — печать. Хватайте ее и бегите вон. Вот и все, только не забудьте приспособить к ней ручку, чтобы я мог ее держать.

Клипп погрузился в раздумье.

— Я все еще не знаю, что бы попросить взамен.

— Я согласен на любые условия, — величественно произнес Асмодей. Он извлек из стола пергамент и занес над ним перо.

— Хм... — Клипп зашагал назад и вперед внутри магического круга. В кабинете стало очень тихо. Асмодея даже в пот бросило.

Наконец Клипп остановился и щелкнул пальцами.

— Вот именно, — прошептал он. — Это как раз то, что нужно.

Он повернулся к Асмодею. Глаза его лихорадочно сверкали, но голос оставался таким же скрипучим.

— Ладно. Я сделаю то, о чем вы просите. А когда я буду на смертном одре, вы явитесь ко мне и исполните то, о чем я попрошу.

— Имейте в виду, что если вы будете осуждены на вечные муки, я вас не смогу вызволить, — предупредил Асмодей. — Впрочем, когда придете сюда, я смогу найти для вас местечко получше...

— Не думаю, чтобы это мне грозило, — ответил Клипп. — До сих пор моя жизнь была безупречна, а менять свои привычки я не намерен.

— Ну что ж... Ладно. — Асмодей усмехнулся про себя. — Когда будете умирать, явлюсь, чтобы уплатить свой долг.



Он начал писать.

— Еще одно, — сказал Клипп. — Вы можете достать для меня коробку седуксена?

— Чего? — Асмодей прищурился и снова покопался в памяти. — А, этого успокаивающего лекарства? Да, это нетрудно: ведь его продают только по рецепту, значит, тут есть возможность нарушить закон. Но я же говорил, что вам ничто не может причинить физического вреда...

— Коробку седуксена, и довольно разговоров!

Асмодей извлек из воздуха коробку с таблетками и протянул ее Клиппу, стараясь не коснуться магического круга. Потом он дописал контракт и тоже передал его Клиппу. Тот прочел, кивнул и вернул договор.

— Вашу подпись, пожалуйста, — сказал он.

Асмодей ткнул себя когтем в за-

пястье и расписался желчью. Клипп взял контракт, сложил и сунул в задний карман брюк.

— Хорошо, — сказал он. — Как мне попасть к этому Источнику?

Асмодей поспешно сказал:

— Я вам помогу. Источник похож на лавовый поток с огромным пламенем, горящим в центре. Помните, по контракту вы обязаны достать для меня кольцо, каких бы страданий вам это ни стоило. Когда оно будет у вас, позовите меня, и я верну вас сюда.

— Очень хорошо, — Клипп расправил тощие плечи. — Приступим немедленно.

Асмодей взмахнул хвостом, и человек исчез.

Весь дрожа, Асмодей сел за стол. Нелегкое попало существо! Он достал бутылку огненной воды, как следует глотнул и подумал, что

Клипп вернется не сразу: пока он, крича от страха и тоски, которые навевает на него. Источник, найдет кольцо и выберется наружу...

— Асмодей!

Демон вздрогнул.

— Кто это?

— Асмодей!!! Вы что, оглохли? Извлекайте меня из этой дыры, живо! В отличие от вас, меня ждут дела!

Хвост Асмодея судорожно дернулся, и в кабинете появился Клипп.

— Ну-ну! — проворчал он. — Можно было бы и побыстрее!

— А кольцо? — выдавил из себя Асмодей. — Неужели...

— Да вот оно.

Клипп швырнул на стол Соломонову печать. Асмодей взвизгнул и взлетел на шкаф.

— Осторожно! — завопил он.

Клипп взглянул на железное кольцо с вделанным в него кроваво-красным камнем, на котором была выгравирована печать, и зевнул.

— Давайте кончим с этим, — сказал он. — Вы что-то говорили про ручку.

— Все готово, — засуетился Асмодей на шкафу. — Там, в нижнем левом ящике.

Клипп достал черный прут с небольшим зажимом на одном конце и рукоятью, как у шпаги, на другом, и сонно кивнул головой.

— Ага, ясно... Значит, это кольцо сюда.. а эта чашка защищает руку... Ага.

Он снова широко зевнул, вложил кольцо в зажим, и Асмодей спустился со шкафа.

— Как это вам удалось? — спросил он. — Я думал, что процедура займет много дней или недель...

— Вы же сказали, что пламя причинит только духовные муки, — пожал плечами Клипп. — Я наглотался седуксена и не спеша прошел сквозь огонь, ничего не чувствуя, если не считать небольшой депрессии. Вот ваша драгоценная печать, — он швырнул ее через всю комнату.

Асмодей с необыкновенным проворством поймал жезл и заревел от восторга.

— Вот он — Знак! Вот он, Всемогущий! Тот, которому повинуются все, гиганты и духи, многокрылые и

многоглазые, чье повиновение потрясало небеса, когда Соломон был царем! Ну, берегись, Молох! Ты у меня увидишь...

Клипп поймал его за кончик хвоста и изо всех сил дернул.

— Если бы вы могли на секунду прервать это представление, я попросил бы вернуть меня в обсерваторию. Ваше общество не доставляет мне ни интеллектуального, ни эстетического наслаждения.

Асмодей взял себя в руки.

— О, конечно, — сказал он. — Спасибо за услугу.

— Не надо благодарности. Надеюсь, вы уплатите свой долг вовремя.

— Все, что будет в моих силах, — поклонился Асмодей и, увидев жадность в глазах человека, с трудом удержался, чтобы не расхохотаться. Он произнес магические слова, снова вспыхнул свет, и Хобарт Клипп исчез.

Асмодей отпер дверь, уселся за стол, зажег сигару и откинулся в кресле. Кончик его хвоста, просунутого сквозь отверстие в сиденье, подергивался из стороны в сторону.

— Занятная легенда — Обратный метод Фауста, — размышлял Асмодей вслух. — Демон призывает смертного и предлагает закабалиться в обмен на услугу, которую ему может оказать человек. Человек всегда при этом остается обманутым. Ведь в распоряжении демона — вечность. Смертный же, по своей природе, может получить лишь конечную выгоду. Чтобы дать ему любое богатство, мне достаточно щелкнуть пальцами. Если он хочет, чтобы я стал его рабом на всю его жизнь, это, разумеется, менее приятно, но все же его жизнь рано или поздно кончится, даже если он повелит мне ее продлить. Через тысячу лет он просто физиологически превратится в бездумную развалину. А я могу переноситься во времени так же, как и в пространстве, и между делом выполнять его пожелания, которые — ничто по сравнению с вечностью. Бедный смертный!

Асмодей расхохотался и затопал копытами.

До выборов оставалось совсем ма-

ло времени — каких-нибудь десять лет. Обстановка в аду накалилась. Асмодей трудился без устали: обрабатывал кандидатов, подкупал, грозил, уговаривал, клеветал, продавал. Несколько раз он, под глубоким секретом, даже взывал к лучшим качествам некоторых дьяволов. Они были потрясены такой беспринципностью.

Асмодей рассчитывал, что Хобарт Клипп скончается через несколько лет. Но старик был крепок и протянул целое десятилетие. Как раз накануне выборов Асмодей, сидя в одиночестве в своем кабинете, готовил речь... и в этот момент он услышал призыв.

— Что такое? — встрепнулся он.

— Асмодей! Проклятье, что это за качество обслуживания?

Сначала демон даже не мог вспомнить, кто это.

— А! Нет... Не сейчас!.. — простонал он наконец.

— Если вы не явитесь немедленно, бездельник, я пожалуюсь кому там у вас следует!

Асмодей тяжело вздохнул, расправил крылья и понесся к Земле. Выхода не было. Ну что ж, — подумал он, — придется ублажить несчастного старикашку. («Да-да, перестаньте орать, я лечу!»).

Комната была увешана фотографиями туманностей и галактик: как будто со всех сторон открывались огромные окна во Вселенную. Старик лежал в постели, а рядом валялся выпавший из его рук «Астрономический журнал». Он стал совсем похож на мумию. Его тощая грудь усиленно вздымалась. Но глаза, встретившие взгляд Асмодея, были все такими же голубыми и ехидными.

— А, наконец! — сказал он не своим голосом. — Едва успели.

— Мне очень жаль, что вы больны, — начал Асмодей, пытаясь успокоить его и надеясь, что он пожелает чего-нибудь попроще. — А вы уверены, что время настало?

— О, да. Только сейчас был еще один приступ. Чейнстоково дыхание. Осталось несколько минут. А у нас с вами еще осталось одно дельце, молодой человек! — Клипп на мгновение умолк от боли.

Асмодей поклонился.

— К вашим услугам, сэр. Я могу сделать вас здоровым. Скажем, двадцатилетнее тело?

— Ох! — возмутился Клипп. — Неужели вы вправду думаете, что я так же глуп, как и вы?

Нет. Слушайте. Я жил ради науки. Я и умер из-за нее — упал на прошлой неделе с платформы 50-дюймового телескопа. Меня не очень привлекает перспектива вечно голосить «Осанна!» С другой стороны, у меня нет оснований думать, что я осужден на муки ада...

— Вы правы, — неохотно признал Асмодей. Он помялся, взглянул на часы и подумал: сколько еще это может протянуться?

— Прекрасно. Я хочу одного — продолжать свои исследования. Теперь, когда я собираюсь стряхнуть эту смертную оболочку, я хочу, чтобы вы взяли мою душу, которая в противном случае, вероятно, отправится сначала в Чистилище, а потом в Рай...

— Верно, — согласился Асмодей. Тело Хобарта Клиппа сотрясало в агонии.

— Да... Так вот. Возьмите мою душу, наверное, вы знаете, как это делается. Я хочу обследовать физическую вселенную.

— Что?

— Весь космос, — Клипп лихорадочно перебирал пальцами по одеялу. — Мне не нужно готовых знаний. Я хочу все узнать сам. Мы можем начать с изучения внутренних областей Земли. Тут есть несколько интересных проблем. Знаете, структура ядра, магнетизм и все прочее. Потом Солнце. Я думаю, одних ядерных реакций в условиях Солнца мне хватит лет на тысячу, не говоря уж о короне и пятнах. Потом планеты. Потом Альфа Центавра и ее планеты. И так далее, и тому подобное.

Глаза его горели так ярко, что Асмодей прикрыл лицо крылом.

— А Метагалактика! Я, наверное, никогда не потеряю интереса к ее происхождению, эволюции.

— Но для этого понадобятся десятки миллиардов лет! — вскричал Асмодей.

Клипп усмехнулся беззубым ртом.

— Ах, вот как? К тому времени,

вероятно, энтропия выравняется, энергия звезд иссякнет, пространство расширится до максимального радиуса, произойдет коллапс, и все снова начнет расширяться.

— Да, — прорыдал Асмодей.

— Замечательно! — просиял Клипп. — Буквально вечная исследовательская тема, и никаких отчетов писать не надо!

— Но у меня дела!

— Очень жаль, — равнодушно сказал Клипп. — И запомните, что меня не интересуют ваши идиотские разговоры. Вы для меня — только средство передвижения. Теперь я дам сто очков вперед даже Кеплеру. Ин-

тересно, может быть, и он в свое время...

Асмодей услышал, как приближается Ангел Смерти, вылетел из комнаты и с воплями и проклятиями стал кататься по земле, колотя по ней кулаками. Стояло раннее весеннее утро. Щебетали птицы, шелестели молодые листья, небо смеялось. Можно было бы даже сказать, что оно ухмылялось.

Вскоре сквозь стену бодро вышла душа Хобарта Клиппа, огляделась, потеряла руки.

— Ух, — сказала она. — Наконец-то все кончилось. Мало приятное дело. Ну что ж, начнем?

РИСУНКИ В. ЛОВЧУКА





ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ЗА ПОЛЯРНЫМ КРУГОМ

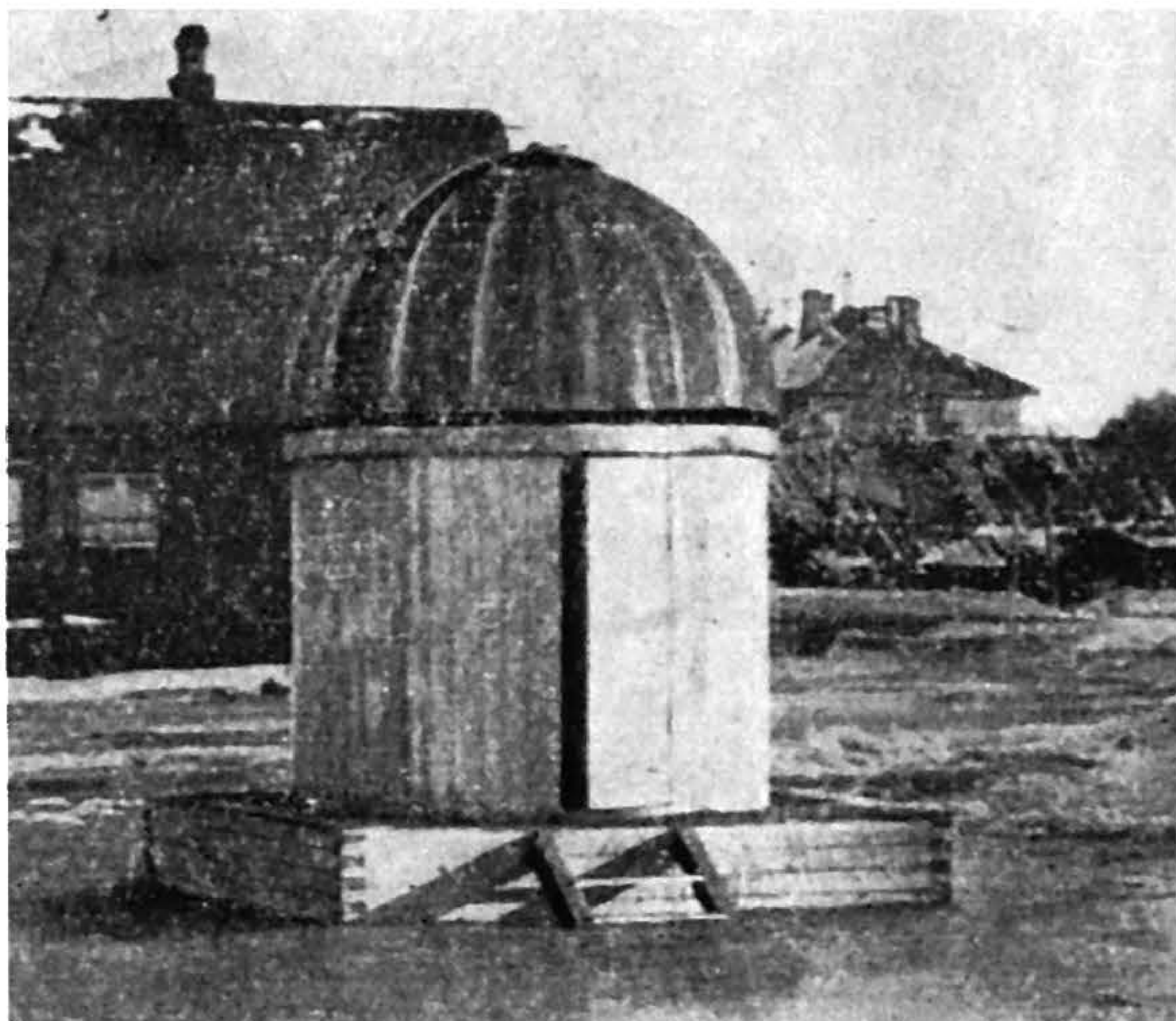
С 1959 г. на 68-м градусе северной широты, в городе Мончегорске Мурманской области работает любительская обсерватория. Ее организатор В. А. Анохин.

В обсерватории имеется школьный телескоп и два рефлектора системы Максутова с диаметром главного зеркала 10 и 20 см. Самый крупный инструмент обсерватории — 20-сантиметровый рефлектор — изготовлен фирмой Карл Цейсс. Эквивалентное фокусное расстояние этого телескопа равно 10 м. Оба рефлектора установлены в башне на бетонном основании.

К сожалению, при обсерватории пока нет астрономического кружка. Возможно потому, что мончегорское небо не благоприятствует наблюдениям. Летом, во время долгого полярного дня можно наблюдать лишь Солнце и яркие звезды, а зимой редко бывает ясное небо, да и морозы стоят сильные. В. А. Анохин использует малейшую возможность для фотографирования Солнца, планет, интересных небесных объектов. Некоторые фотографии, полученные им на 20-сантиметровом телескопе, мы здесь публикуем.

► Прохождение Меркурия по диску Солнца 9 мая 1970 г. справа (сверху вниз): планета (отмечена стрелкой) проецируется на солнечное пятно; Сатурн 9 сентября 1970 г.; комета Беннета 4 апреля 1970 г.

▼ Луна 27 марта 1969 г.



Башня 20-сантиметрового телескопа



II Всесоюзная конференция юных любителей астрономии

Более 200 делегатов и гостей — представителей 65 коллективов юных астрономов — собрались в Москве, в дни весенних школьных каникул. С Дальнего Востока и из Прибалтики, с Украины и из Средней Азии, с Кавказа и из Сибири — со всех концов страны съехались те, кого объединяет увлеченность проблемами астрономии и космических исследований. 24 марта 1971 г. в павильоне ВДНХ «Юные натуралисты и техники» открылась II Всесоюзная конференция юных любителей астрономии и смотр творческих работ юных астрономов.

Со времени I Всесоюзного слета

юных любителей астрономии* прошло около двух лет. В школьных и юношеских обсерваториях появилось новое оборудование, многие приборы, в том числе и электрофотометры, ребята сделали сами. Повышается научный уровень наблюдений, ребята, не ограничиваясь ставшими «обычными» визуальными и фотографическими наблюдениями, проводят спектроскопические и электрофотометрические исследования небесных объектов.

В день открытия конференции делегатов приветствовали: председатель оргкомитета конференции профессор К. А. Куликов, почетный член

Президиум II Всесоюзной конференции юных астрономов. Участников конференции приветствует известный телескопостроитель профессор М. С. Навашин

* В. А. Бронштэн. Первый слет юных любителей астрономии. «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г. (Прим. ред.)



ВАГО профессор М. С. Навашин и директор павильона «Юные натуралисты и техники» И. М. Луцкая. Успешной работы юным астрономам пожелали представители Центрального комитета ВЛКСМ Г. П. Чубарова и Министерства просвещения СССР В. И. Пиковский. С интересом выслушали ребята доклад председателя астрономической секции ВАГО кандидата физико-математических наук В. А. Бронштэна об актуальных задачах юношеских астрономических коллективов. Затем участники конференции выступили с докладами. Большинство из них посвящалось результатам наблюдений и экспериментов, выполненных школьниками, описанию приборов, сделанных их руками. В нескольких докладах сообщалось о работе астрономических кружков.

Уже традиционными для школьников стали наблюдения метеоров и серебристых облаков. Доклады членов Крымского общества любителей астрономии были посвящены исследованию метеорных потоков α -Лириды и Персеиды. Уточнены радианты этих потоков в 1969 и 1970 гг. и опре-

делена их активность. О наблюдении серебристых облаков рассказывали ребята из юношеских секций Московского, Латвийского и Ульяновского отделений ВАГО. Члены кружка «Физика космоса» Московского дворца пионеров изучали, как меняется яркость сумеречного неба в периоды появления серебристых облаков. Наблюдения они проводили на электрофотометре собственной конструкции.

В последние годы все больший интерес вызывают проблемы астроклимата. Это нашло отражение и в докладах участников конференции. Юные астрономы Ашхабада, Ташкента, Москвы, Новосибирска помогают ученым в выборе места для будущих обсерваторий.

Не упускают ребята и возможности наблюдать редкие астрономические явления. Кружковцы Челябинского дворца пионеров (руководитель Е. Г. Пономарев) познакомили участников конференции с результатами наблюдений солнечного затмения 22 сентября 1968 г. и прохождения Меркурия по диску Солнца 9 мая 1970 г.

Видное место в работе юношеских

астрономических коллективов отводится пропаганде достижений советской и мировой науки. Это стало главным в деятельности Донецкого клуба юных любителей астрономии. Члены клуба организуют для населения наблюдения в телескоп Луны, планет и других небесных объектов, выступают по местному телевидению с обзорами новостей астрономии и космонавтики, совместно с областной газетой «Комсомолец Донбасса» проводят «Звездные олимпиады».

В дни весенних каникул постоянным экспонатом павильона «Юные натуралисты и техники» пришлось потесниться. На стендах были выставлены приборы, наглядные пособия, альбомы с фотографиями, научные статьи — плоды упорного труда молодых любителей астрономии.

Внимание посетителей привлекали астрофизические приборы и приспособления, изготовленные под руководством С. С. Войнова в обсерватории Клуба юных техников Новосибирского академгородка. Интересны фотографии небесных объектов, полученные Ю. А. Гришиным и его воспитанниками из астрономического кружка Средней школы № 5 города Углича. Отличные зеркала для само-

Зал заседаний в день открытия конференции





Юные астрономы в «Звездном городке»: сверху — у стенда, посвященного Первому гражданину Вселенной Ю. А. Гагарину; внизу — ребята берут автографы у космонавта В. Ф. Быковского.

Фото А. П. Порошина

дельных телескопов-рефлекторов представили на смотр юные оптики из Симферополя. Коллекцию превосходных фотографий Луны, планет и других астрономических объектов показали ребята из Алма-Атинского дворца пионеров, где занятия проводит научный сотрудник Астрофизического института В. Ф. Карташов. Наглядные пособия по астрономии привезли учащиеся Средней школы № 72 города Омска (руководитель кружка К. А. Лупой).

Всего пять дней провели в Москве юные астрономы, но и за это короткое время они узнали и увидели много интересного. Накануне официального открытия конференции ребята совершили увлекательное путешествие в мир космической техники, посетив павильон «Космос» на ВДНХ. Сотрудники Института космических исследований АН СССР рассказали им о конструкции советских кораблей-спутников, о результатах научных экспериментов, осуществленных с помощью автоматических зондов.

Многие участники конференции, несомненно, мечтают в будущем принять непосредственное участие в освоении и исследовании космоса. Огромным праздником для них было посещение «Звездного городка», где живут и готовятся к новым стартам космонавты. Здесь ребята встретились с космонавтом В. Ф. Быковским, услышали рассказ о перспективах и проблемах космонавтики, осмотрели музей «Звездного городка», рабочий кабинет Ю. А. Гагарина. Много интересного рассказала ребятам гостеприимная хозяйка музея Т. Ф. Беляева. Юным астрономам приятно было узнать, что все космонавты проходят серьезную астрономическую подготовку. И, разумеется, никто из гостей не удивился, когда над зданием «Городка» они увидели знакомое очертание купола обсерватории.

Один из дней работы конференции делегаты провели на Ленинских горах в Московском городском дворце пионеров и Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга (ГАИШ). Во Дворце пионеров их тепло встретили члены кружков астрономии и космонавтики. Они показали гостям свой огромный чудес-

ный дворец, познакомили их с планетарием, обсерваторией и лабораториями. Ребята побывали на тренировках юных космонавтов. В лектории дворца состоялась встреча с сотрудниками и авторами журнала «Техника — молодежи». Затем продолжались научные доклады участников конференции.

Только пять минут шли ребята от Дворца пионеров до Государственного астрономического института. Но годы упорного труда лежат на пути в большую науку. Лишь самые целеустремленные и настойчивые станут в будущем астрономами, исследователями космоса. Но станут обязательно! Об этом и говорил в своем приветствии директор ГАИШ, президент ВАГО профессор Д. Я. Мартынов. Он рассказал ребятам о специфике труда астрономов, о проблемах и перспективах естественных наук.

Беседу с делегатами конференции продолжили кандидат физико-математических наук А. В. Засов, доктор физико-математических наук В. Г. Курт, известный исследователь серебристых облаков Н. И. Гришин, астрономы К. В. Куимов, В. П. Савченко, В. В. Чичмарь и другие.

На заключительном заседании конференции были подведены итоги смотра творческих работ юных астрономов. Премии Всесоюзного астрономо-геодезического общества (астрономические трубы и фотоаппараты) получили коллективы любителей астрономии Ульяновской области, поселка Камень-Рыболов Приморского края, городов Углича, Крымска, Улан-Удэ, Донецка, Челябинска, села Ясеново Львовской области. Главному выставочному комитету представлены для награждения дипломами I степени ВДНХ Симферопольское общество любителей астрономии, в котором уже 25 лет успешно ведутся исследования метеоров; Клуб юных техников Новосибирского академгородка, где школьники знакомятся с современными средствами и методами астрономии и сами конструируют научную аппаратуру; Бакинский дворец пионеров имени Юрия Гагарина, прославившийся изготовлением прекрасных телескопов и сделанными с их помощью фотографиями небесных объ-

ектов, и, наконец, Московский дворец пионеров и школьников, где разработана методика и программа занятий с юными астрономами на современном научном уровне и создана первая в стране астрофизическая лаборатория для школьников. Эти организации, а также Алма-Атинский дворец пионеров, Президиум ЦС ВАГО признаны региональными методическими центрами по работе с юными астрономами СССР.

К награждению дипломами II и III степени ВДНХ представлены Алма-Атинский, Ашхабадский и Челябинский дворцы пионеров, юношеская секция Горьковского отделения ВАГО, школа № 72 города Омска и школа № 5 города Углича. 43 участника конференции и 7 руководителей любительских астрономических коллективов представлены к награждению медалями ВДНХ. Поощрительные призы Правления Всесоюзного общества «Знание» были вручены организациям и активистам за успешную пропаганду астрономических знаний.

Программой конференции была предусмотрена не только научная часть. В молодежном кинотеатре «Уран» гости посмотрели новый художественный фильм, побывали в Московском планетарии на театрализованном представлении «Операция весна». Для участников конференции были организованы автобусные экскурсии по Ленинским местам столицы. Во Дворце пионеров делегации встретились на вечере дружбы. Допоздна звучала музыка, ребята обменивались сувенирами, записывали адреса новых друзей.

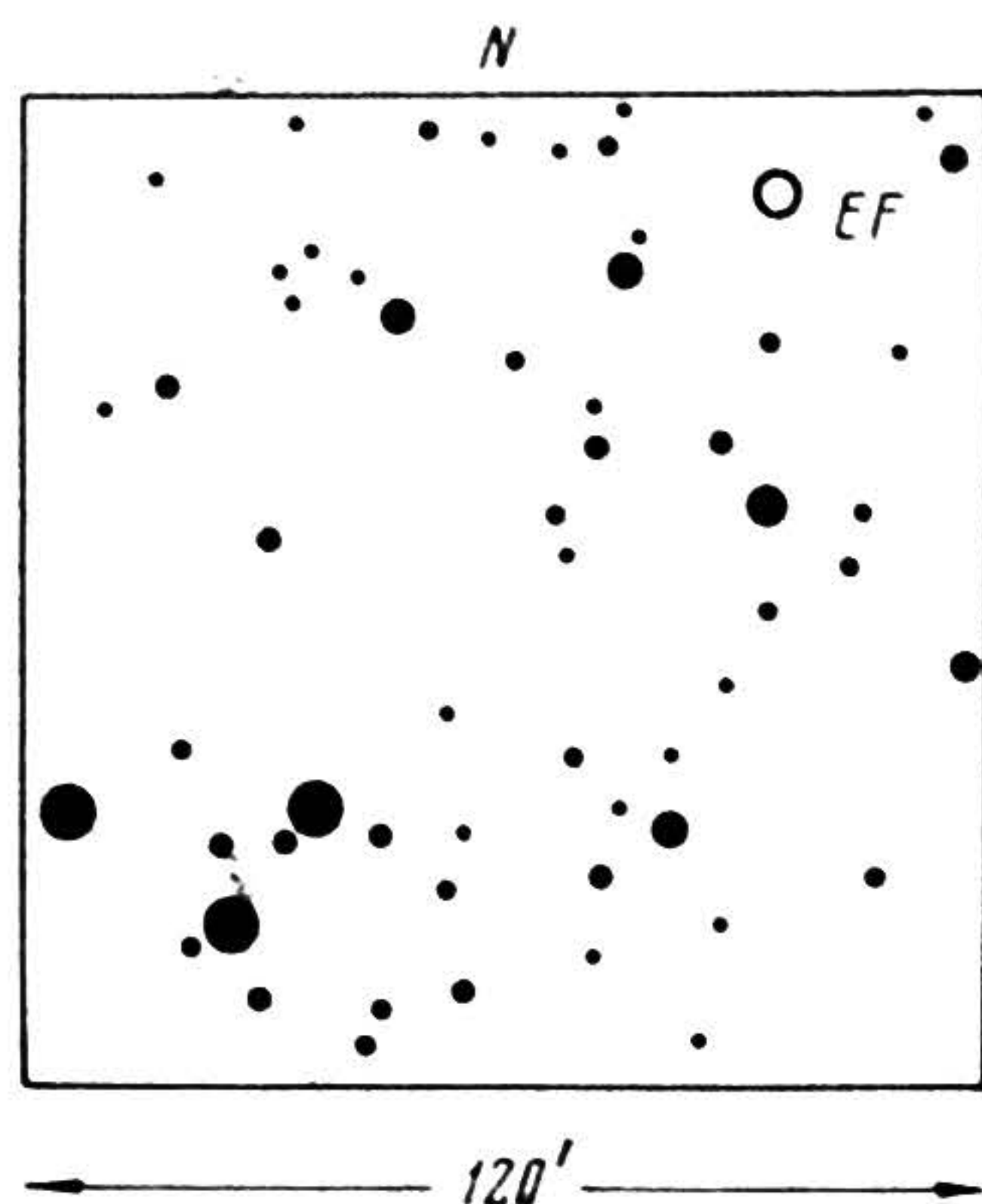
Участники II Всесоюзной конференции юных астрономов, обогащенные новыми знаниями и опытом, разъехались по домам. Впереди новые наблюдения, экспедиции и, быть может, открытия.

Пожелаем юным астрономам чистого неба!

Б. Г. ПШЕНИЧЕР
председатель юношеской секции
ЦС ВАГО

В ноябре — декабре в небольшой телескоп можно наблюдать несколько затменных переменных звезд.

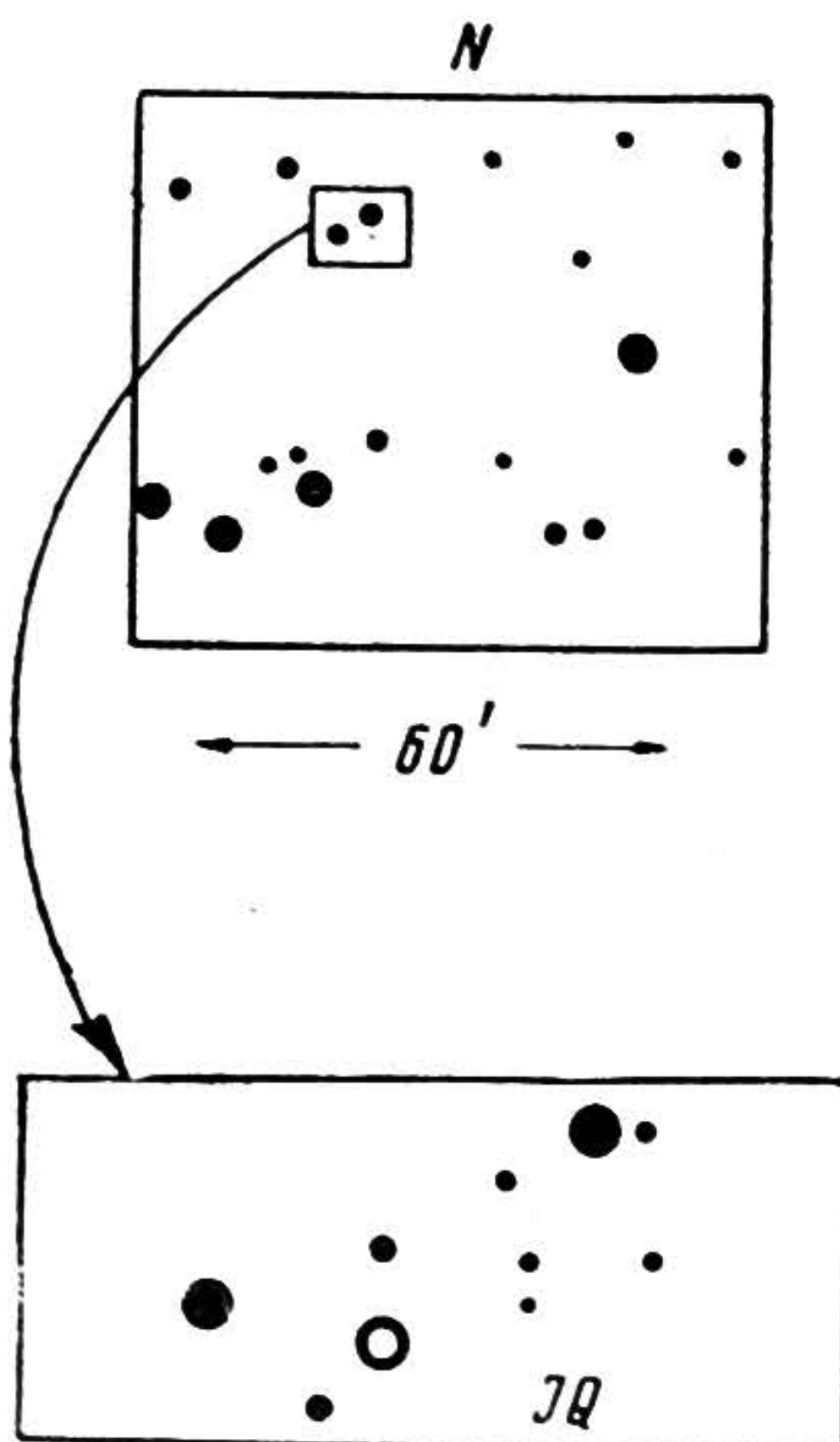
EF Водoley



Координаты звезды: $\alpha = 22^h 58^m 43^s$; $\delta = -06^\circ 42' 7$ (эпоха 1950.0). Переменность блеска звезды в пределах $10^m,6 - 11^m,4$ открыл В. Штрмейер (ГДР), но период изменения блеска пока не известен. Звезды сравнения для этой и двух следующих переменных наблюдатель должен выбрать сам среди окрестных звезд, а обработку полученного материала проводить в степенной шкале.

IQ Персея

Координаты звезды: $\alpha = 03^h 56^m 07^s$; $\delta = +48^\circ 00' 6$ (эпоха 1950.0). Изменение блеска у этой яркой (8^m) звезды обнаружил К. Хоффмейстер (Германия).

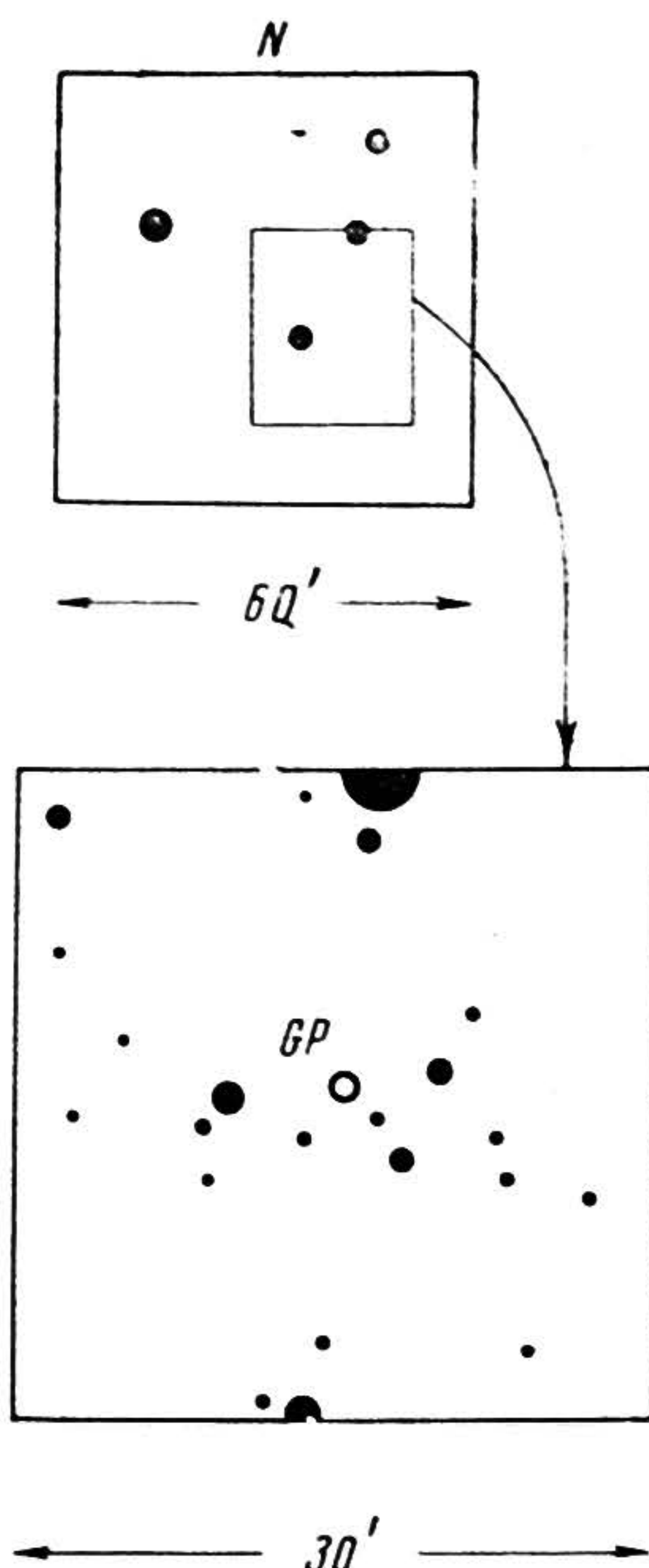


А. В. Соловьев подтвердил ее принадлежность к переменным типа Алголя, а Э. Бюрк (США) определил величину периода $P = 6d,974/n$, где n может быть равно 1, 2, 4.

Страничка наблюдателя переменных звезд

GP Андромеды

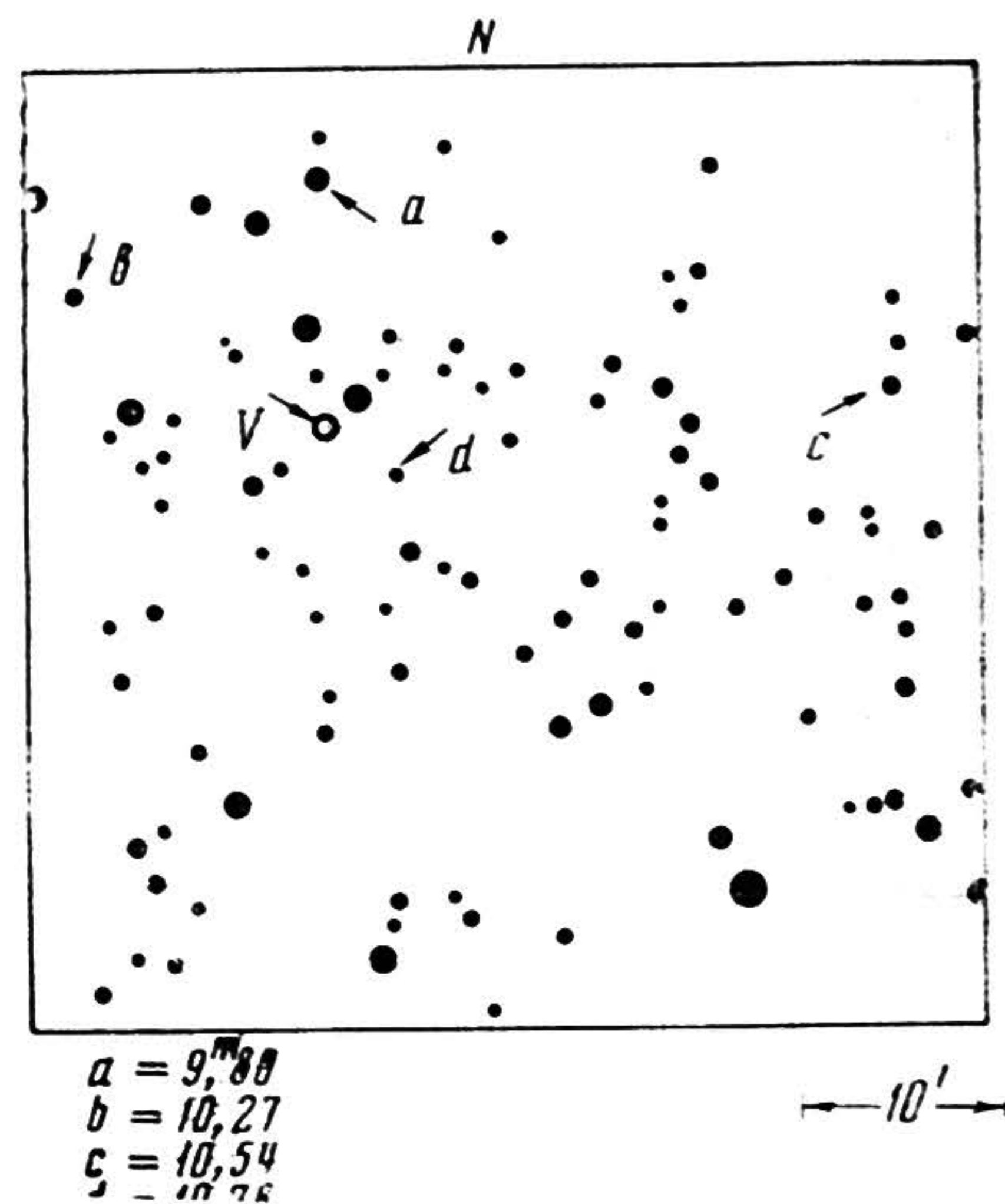
Координаты звезды: $\alpha = 00^h 52^m 38^s$; $\delta = +22^\circ 53' 6$ (эпоха 1950.0). Блеск звезды, как уста-



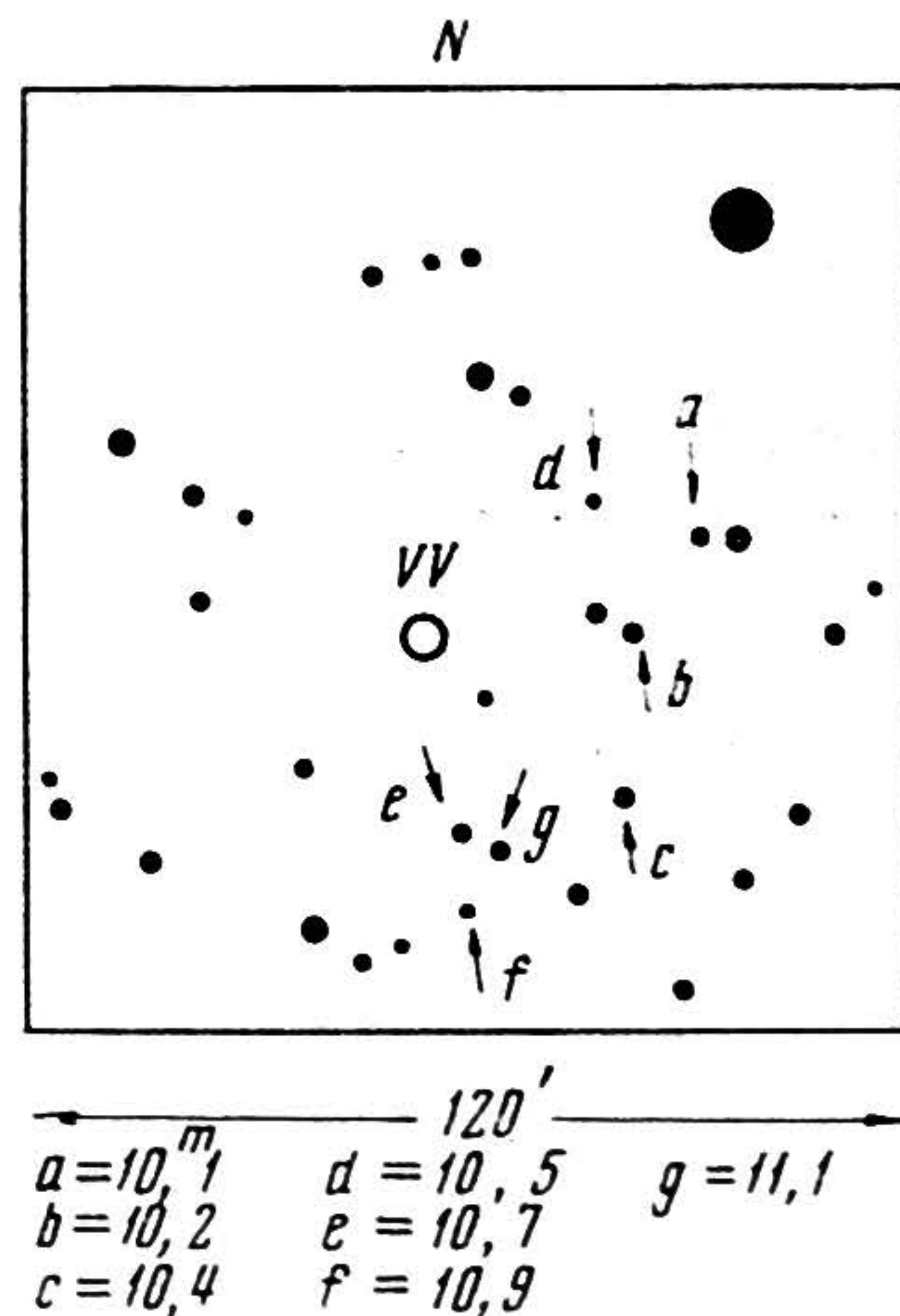
новил В. Штрмейер, колеблется между $10^m,4$ и 11^m . Г. С. Филатов считает звезду переменной типа β Лиры с периодом $0^d,21$, а Г. А. Ланге — сверхкороткопериодической переменной типа RR Лиры с элементами: $\text{Max}_{\text{hel}} = \text{JD } 2440457,4814 + 0^d,0786894 \cdot E$. Период изменения блеска требует подтверждения.

V 1171 Лебедя

Координаты звезды: $\alpha = 19^h 56^m 03^s$; $\delta = +33^\circ 44' 8$ (эпоха 1950.0). Переменность блеска звезды (10^m) открыл А. Вахман (ГДР). По его мнению, она относится к затменным переменным типа β Лиры или W Большой Медведицы с периодом $P = 21^d,91/n$.



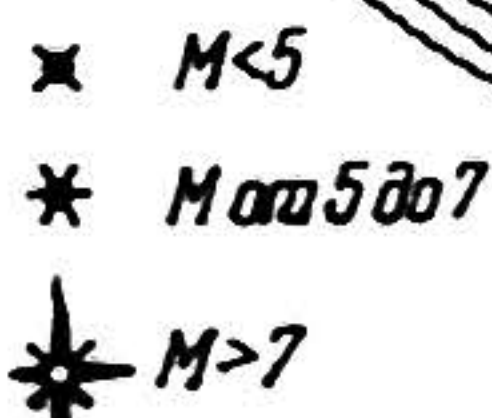
VV Кита



Координаты звезды: $\alpha = 00^h 53^m 11^s$; $\delta = -02^\circ 22' 0$ (эпоха 1950.0). Колебания блеска звезды заметили независимо несколько наблюдателей. М. Дюппнер (ГДР) определил элементы изменения блеска: $\text{Min} = \text{JD } 2431328,483 + 0,522390 \cdot E$ и амплитуду $10^m,3 - 11^m,0$. Тип переменности этой звезды точно не установлен.

Н. Б. ПЕРОВА

(апрель—май 1971)



НОВЫЕ КНИГИ

ЕЩЕ ОДНА КНИГА О ТЕОРИИ ТЯГОТЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА

Шутка А. Эйнштейна о том, что его теорию понимают не больше десятка человек, стимулировала, вероятно, ученых, педагогов и популяризаторов взяться за перо и попытаться изложить гениальное творение великого физика в форме, доступной, если не всем, то хотя бы многим.

Сейчас библиотечка советских и зарубежных книг по теории относительности пополнилась еще одной. Ее автор Дж. Снама, известный английский специалист по общей теории относительности, ученик Г. Бонди. Название книги — «Физические принципы общей теории относительности» («Мир», 1971 г. Перевод с английского В. А. Угарова) — точно отражает ее содержание. Она представляет интерес для преподавателей высшей и средней школы, студентов, хорошо подготовленных любителей астрономии.

Излагая физическую сущность общей теории относительности, автор широко освещает разнообразный астрофизический материал, в частности, рассматривает распространение света и движение планет в поле тяготения Солнца, гравитационное красное смещение и другие явления.

В конце книги приведен перечень дополнительной литературы по спе-

циальной и общей теории относительности. Этот перечень можно было бы продолжить, включив в него, например, книги: П. Бергман «Загадка гравитации» («Мир», 1969 г.), В. А. Угаров «Специальная теория относительности» («Наука», 1969 г.), Л. Э. Гуревич и А. Д. Черник «Общая теория относительности в физической картине мира» («Знание», 1970 г.) и другие.

ЗАГЛЯДЫВАЯ В БУДУЩЕЕ

В конце 1970 г. издательство «Мир» выпустило книгу «Космическая эра. Прогнозы на 2001 год». Редактор русского издания член-корреспондент АН СССР В. С. Емельянов отмечает, что «книга «Космическая эра» представляет собой новый вид литературы — это не научная фантастика, а завтрашний день тех, кто живет и действует сегодня».

Книга знакомит читателей с некоторыми докладами, прочитанными крупными учеными и специалистами на IV симпозиуме Американского астронавтического общества (1966 г.). Здесь и перспективы развития космической техники, и перспективы освоения космоса, и проблемы использования результатов исследования космоса в астрономии, астрофизике, космическом транспорте и т. д. Ряд докладов посвящен проблемам автоматизации, архитектуры, образования.

НОВЫЕ НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ

КАРТА ВИДИМЫХ ДВИЖЕНИЙ ПЛАНЕТ

Карту, составленную А. Д. Марленским и Е. И. Ковязиным (ответственный редактор Р. В. Куницкий), выпустило в свет в 1971 г. издательство «Наука». «Карта» — пособие для учащихся средних школ, студентов, преподавателей, а также для многочисленных любителей астрономии и космонавтики. С помощью «Карты» можно проследить видимые и истинные движения планет, выполнить разнообразные преобразования координат, ознакомиться с рядом вопросов небесной механики, найти элементы орбит межпланетных автоматических станций, посылаемых к планетам солнечной системы. Решение всех этих задач можно довольно просто выполнить с точностью, удовлетворительной для ознакомительных целей.

«Карта» состоит из двух листов. На одном листе изображены орбиты Меркурия, Венеры, Земли, Марса (и зодиакальные созвездия), а на другом — орбиты Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. «Карта» снабжена подробным описанием и необходимыми таблицами.

Орган Секции физико-технических и математических наук,
Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН

Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН

Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ, доктор геол.-мин. наук Ю. М. ШЕЙНМАНН

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

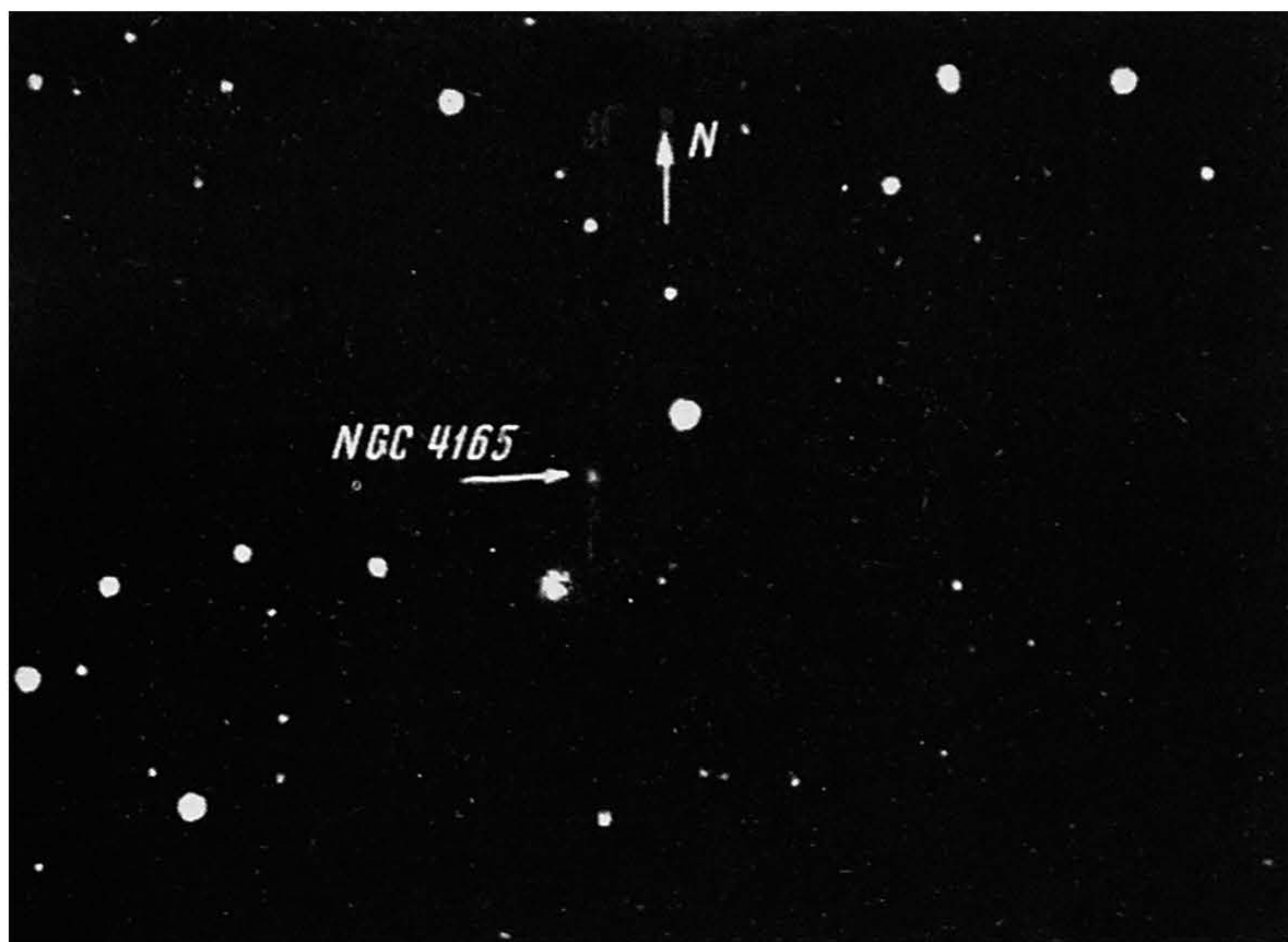
Адрес редакции: 117333, Москва,
В-333,
Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-64-81
135-63-08



Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: Н. Е. Затева
Г. Н. Нелидова

Т-14471 Сдано в набор 30/VI 1971 г.
Подп. в печать 27/IX 1971 г.
Формат бум. 84 × 108¹/₁₆
Печ. л. 5,0(8,4) Уч.-изд. л. 10,5
Тираж 38 000 экз. Цена 40 коп.
Заказ 2561
2-ая тип. издательства «Наука».
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

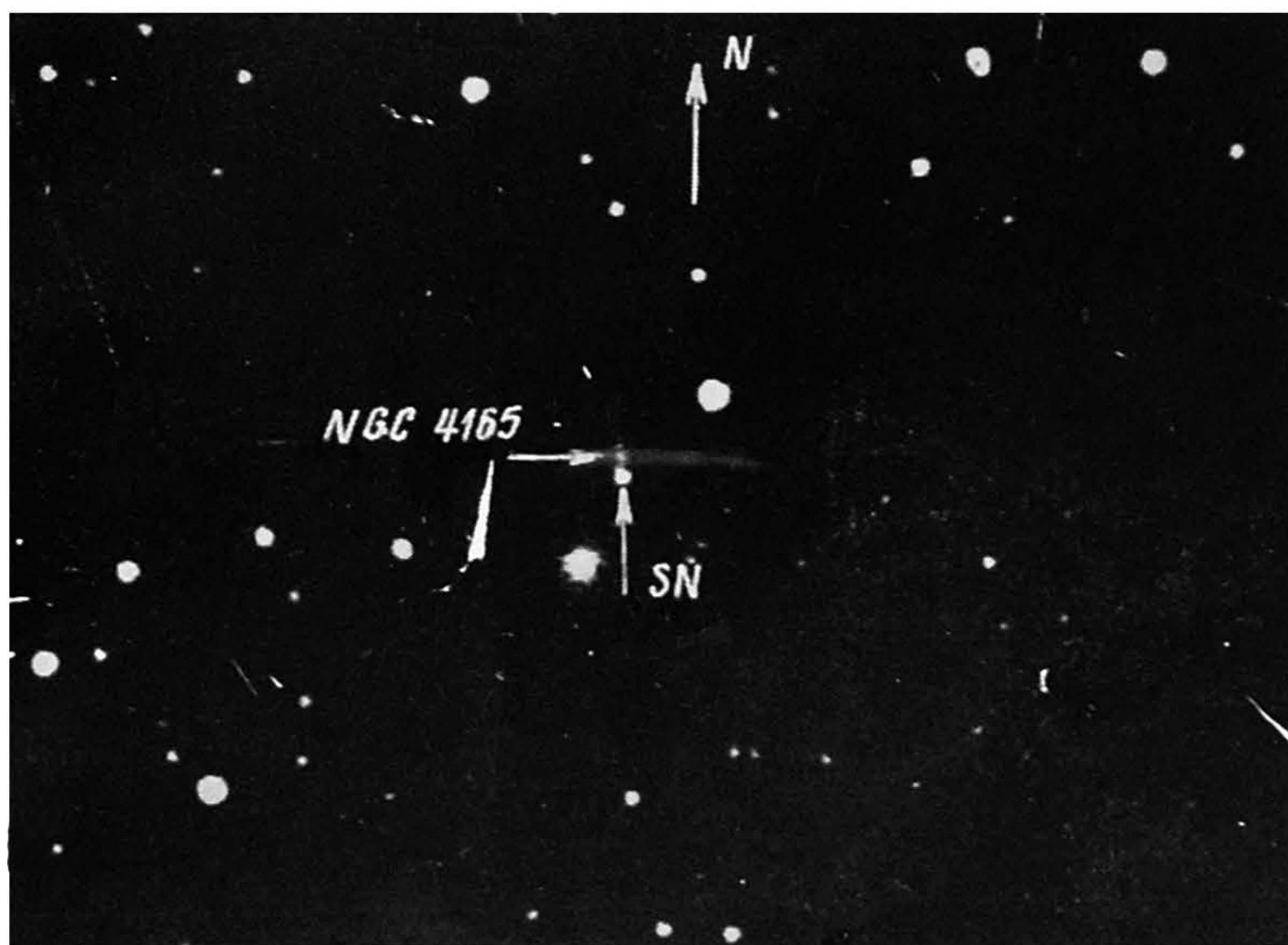


СВЕРХНОВАЯ

В

ГАЛАКТИКЕ

NGC 4165



Это два снимка одной и той же области неба в созвездии Девы. Они получены на камере Шмидта сотрудником Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГрузССР Г. Н. Кимеридзе. На снимке, сделанном 19 апреля 1971 г., Г. Н. Кимеридзе открыл Сверхновую в спиральной галактике NGC 4165.

Вспышка Сверхновой в этой галактике замечена впервые. Сверхновая наблюдалась к юго-востоку от ядра галактики, в ее спиральном рукаве (на фотографиях он не виден). В момент открытия блеск Сверх-

новой (13,2 звездной величины) в 4 раза превосходил блеск галактики. По оценкам Г. Н. Кимеридзе, расстояние до Сверхновой около 35 млн. световых лет, а ее абсолютная звездная величина 19 апреля равнялась 17, т. е. звезда была в 600 млн. раз ярче Солнца.

Абастуманская обсерватория с 1962 г. участвует в Службе Сверхновых. Эта Сверхновая — вторая из открытых в Абастумани. Первую обнаружил А. Д. Чуадзе в галактике NGC 3389.

Цена 40 коп.

Индекс 70336



Издательство



«Наука»

Гигантская дуга солнечного протуберанца. Фотография сделана на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР

Читайте и выписывайте в 1972 г. журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ».

Напоминаем, что наш журнал распространяется,
в основном, по подписке и лишь очень ограниченно
поступает в розничную продажу